

*Журнал Научное обозрение.
Технические науки
зарегистрирован Федеральной службой
по надзору в сфере связи, информационных
технологий и массовых коммуникаций.
Свидетельство ПИ № ФС77-57440
ISSN 2500-0799*

*Учредитель, издательство и редакция:
НИИЦ «Академия Естествознания»,
почтовый адрес:
105037, г. Москва, а/я 47*

**Founder, publisher and edition:
SPC Academy of Natural History,
post address:
105037, Moscow, p.o. box 47**

*Подписано в печать 09.08.2018
Дата выхода номера 09.09.2018
Формат 60×90 1/8*

*Типография
НИИЦ «Академия Естествознания»,
410035, г. Саратов,
ул. Мамонтовой, д. 5*

**Signed in print 09.08.2018
Release date 09.09.2018
Format 60×90 8.1**

**Typography
SPC «Academy Of Natural History»
410035, Russia, Saratov,
5 Mamontovoi str.**

*Технический редактор Байгузова Л.М.
Корректор Галенкина ЕС.*

*Тираж 1000 экз.
Распространение по свободной цене
Заказ НО 2018/4*

Журнал «НАУЧНОЕ ОБОЗРЕНИЕ» выходил с 1894 по 1903 год в издательстве П.П. Сойкина. Главным редактором журнала был Михаил Михайлович Филиппов. В журнале публиковались работы Ленина, Плеханова, Циолковского, Менделеева, Бехтерева, Лесгафта и др.

Journal «Scientific Review» published from 1894 to 1903. P.P. Soykin was the publisher. Mikhail Filippov was the Editor in Chief. The journal published works of Lenin, Plekhanov, Tsiolkovsky, Mendeleev, Bekhterev, Lesgaft etc.



М.М. Филиппов (M.M. Philippov)

С 2014 года издание журнала возобновлено
Академией Естествознания

**From 2014 edition of the journal resumed
by Academy of Natural History**

Главный редактор: М.Ю. Ледванов
Editor in Chief: M.Yu. Ledvanov

Редакционная коллегия (**Editorial Board**)

А.Н. Курзанов (**A.N. Kurzanov**)

Н.Ю. Стукова (**N.Yu. Stukova**)

М.Н. Бизенкова (**M.N. Bizenkova**)

Н.Е. Старчикова (**N.E. Starchikova**)

Т.В. Шнуровозова (**T.V. Shnurovozova**)

НАУЧНОЕ ОБОЗРЕНИЕ • ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

SCIENTIFIC REVIEW • TECHNICAL SCIENCES

www.science-education.ru

2018 г.



***В журнале представлены научные обзоры,
литературные обзоры диссертаций,
статьи проблемного и научно-практического
характера***

The issue contains scientific reviews, literary dissertation reviews,
problem and practical scientific articles

СОДЕРЖАНИЕ

Технические науки (05.09.00, 05.11.00, 05.12.00, 05.13.00)

РАЗРАБОТКА ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СРЕДСТВ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ И ПОТОКОВ ВЕЩЕСТВА В ПРИДОННОЙ ОБЛАСТИ ОКРАИННЫХ МОРЕЙ	
<i>Лискин В.А., Егоров А.В., Римский-Корсаков Н.А., Тихонова Н.Ф.</i>	5
ОПТИМИЗАЦИЯ ЗАДАЧИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ФОЛДИНГА БЕЛКА МЕТОДАМИ МОЛЕКУЛЯРНОЙ ДИНАМИКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СПИСКОВ ВЕРЛЕ	
<i>Маслов Е.В., Белов Ю.С.</i>	9
СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ПРОБЛЕМЕ АНАЛИЗА ПРОЕКТНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРСПЕКТИВНЫХ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ	
<i>Надеждин Е.Н., Шаранов Д.А.</i>	14
ТЕХНОЛОГИИ BIG DATA В АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ	
<i>Паскова А.А.</i>	23
ВЫБОР СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ВЗАИМООТНОШЕНИЯМИ С КЛИЕНТАМИ В КОНТАКТ-ЦЕНТРЕ	
<i>Севостьянова И.О., Курзаева Л.В.</i>	28

CONTENTS

Technical sciences (05.09.00, 05.11.00, 05.12.00, 05.13.00)

DEVELOPMENT OF NEW GENERATION TOOLS FOR STUDYING THE STATE AND FLUXES NEAR-BOTTOM MATTER OF MARGINAL SEAS <i>Liskin V.A., Egorov A.V., Rimskiy-Korsakov N.A., Tikhonova N.F.</i>	5
OPTIMIZATION OF PROTEIN FOLDING PROBLEM USING MOLECULAR DYNAMICS APPROACH WITH VERLET LISTS <i>Maslov E.V., Belov Yu.S.</i>	9
MODERN APPROACHES TO THE PROBLEM OF ANALYSIS OF THE EFFECTIVENESS OF PROJECTS OF PROMISING MEANS OF INFORMATION PROTECTION <i>Nadezhdin E.N., Sharanov D.A.</i>	14
BIG DATA TECHNOLOGIES IN THE AUTOMATION TECHNOLOGICAL AND BUSINESS PROCESSES <i>Paskova A.A.</i>	23
SELECTION TOOLS AUTOMATION CUSTOMER RELATIONSHIP MANAGEMENT CONTACT CENTER <i>Sevostyanova I.O., Kurzaeva L.V.</i>	28

УДК 551.46.09

РАЗРАБОТКА ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СРЕДСТВ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ И ПОТОКОВ ВЕЩЕСТВА В ПРИДОННОЙ ОБЛАСТИ ОКРАИННЫХ МОРЕЙ

¹Лискин В.А., ¹Егоров А.В., ^{1,2}Римский-Корсаков Н.А., ¹Тихонова Н.Ф.¹Институт океанологии им. П.П. Шишова РАН, Москва, e-mail: nrk@ocean.ru;²Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, Москва

Представлено описание разрабатываемой аппаратуры в составе подводного телеуправляемого донного комплекса, для измерения химических потоков вещества в придонной области акваторий, для автоматизированной оценки аномалий содержания метана в морских осадках, а также для обнаружения и оценки ресурсов морских газогидратных месторождений. Разработаны и созданы элементы подводной исследовательской аппаратуры, функционирующей в составе подводного телеуправляемого донного комплекса. Выполнено макетирование и изготовление отдельных электронных блоков видеосистемы комплекса, системы освещения и управления видеомодуля, а также блока специализированной аппаратуры сбора гидрохимических данных, работающего в составе донной станции. Разработаны и отмакетированы донные камеры, с автоматическим устройством отбора проб воды для химических анализов, электронные узлы управления и сбора данных оптического датчика, для измерения содержания кислорода, и датчика измерения теплового потока. Испытан механизм устройства разового отбора проб, донного грунта и др. Проведены промежуточные испытания блоков и устройств, модернизированной конструкции подводного телеуправляемого донного комплекса, отвечающего требованиям расширенных функциональных возможностей, в том числе по изучению газовых гидратов, надежности и удобства эксплуатации. Новизна предложенных решений состоит в разработке системной концепции проведения работ по изучению придонных процессов (в том числе газовых гидратов) на дне с использованием подводных телеуправляемых донных комплексов. В основе концепции заложены теоретические модели механизмов вертикального переноса метаносодержащих флюидов и оригинальные технические решения, по созданию блока специализированной аппаратуры, что значительно повышает точность количественных расчетов потоков химических элементов через морское дно. Это направление работ относится к самым современным направлениям исследований, кроме прочих, проблемы газовых гидратов на дне Мирового океана.

Ключевые слова: боксовый метод, химический поток, обмен, вещество, подводная разгрузка, метан, видеосистемы, отбор проб

DEVELOPMENT OF NEW GENERATION TOOLS FOR STUDYING THE STATE AND FLUXES NEAR-BOTTOM MATTER OF MARGINAL SEAS

¹Liskin V.A., ¹Egorov A.V., ^{1,2}Rimskiy-Korsakov N.A., ¹Tikhonova N.F.¹Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Science, Moscow, e-mail: nrk@ocean.ru;²Bauman Moscow State Technical University, Moscow

The description of the developed equipment in the underwater remote-controlled bottom complex, for measuring chemical flows of matter in the near-bottom area of the water areas, for automated estimation of anomalies in methane content in marine sediments, and also for discovering and estimating the resources of marine gas hydrate deposits is presented. Elements of the underwater research equipment functioning as part of the underwater remote-controlled bottom complex have been developed and created. The prototyping and manufacturing of separate electronic blocks of the video system of the complex, the lighting and control system of the video module, as well as the specialized hydrochemical data collection unit operating as part of the bottom station have been done. The bottom chambers have been designed and mapped, with an automatic device for sampling water for chemical analysis, electronic control and data collection units for the optical sensor, for measuring oxygen content, and a sensor for measuring heat flow. The mechanism of the device for single sampling, bottom sediment, etc. was tested. Interim tests of blocks and devices, modernized design of the underwater remote-controlled bottom complex, meeting the requirements of extended functionality, including gas hydrates, reliability and ease of operation were carried out. The novelty of the proposed solutions is the development of a system concept for the work on the study of bottom processes (including gas hydrates) at the bottom using underwater remote-controlled bottom complexes. The concept is based on theoretical models of mechanisms of vertical transport of methane-containing fluids, and original technical solutions for the creation of a block of specialized equipment, which significantly improves the accuracy of quantitative calculations of the fluxes of chemical elements across the seabed. This line of work relates to the most modern research areas, among others, the problems of gas hydrates at the bottom of the World Ocean.

Keywords: boxing method, chemical flow, exchange, substance, underwater unloading, methane, video systems, sampling

Особое место в исследованиях и мониторинге океанов и морей занимает изучение процессов качественного и количественного массообмена на поверхности раздела «вода – дно». Газы и другие химические компоненты, выделяемые и поглощаемые

донными отложениями, являются отражением постседиментационных процессов и процессов, связанных с формированием месторождений твердых полезных ископаемых, нефти и газа, а также степени антропогенного воздействия на среду. Они могут

быть зафиксированы в растворенном или газообразном состоянии в придонной воде. На этом основан метод донных камер, позволяющий с помощью донных станций, количественно оценить химический обмен на границе «вода – дно», путем прямых измерений потоков растворенных и газообразных компонентов.

В этой связи разработка инструментальных средств нового поколения для исследований придонных процессов, в том числе, измерения химических потоков вещества и исследования газовых гидратов, очевидна. Приводится описание разработки основных элементов глубоководной буксируемой и постановочной видео- и гидрохимической аппаратуры, для исследований придонных процессов, поиска и идентификации газовых гидратов, а также для выбора рабочей зоны для постановочного донного гидрохимического модуля. Предлагаются оригинальные технические решения по созданию специализированной (в том числе гидрохимической) аппаратуры в составе подводного телеуправляемого донного комплекса. Кроме того, предполагается применение не имеющей аналогов, оригинальной трехблочной структуры донного гидрохимического блока. Такой подход значительно повышает точность количественных расчетов потоков химических элементов через морское дно. Выполнена проработка оснащения буксируемого и постановочного модулей двухуровневой системой видеонаблюдения, что существенно расширяет функциональные возможности разрабатываемого комплекса [1–3].

Исследования и разработка основных узлов видеомодуля

В ходе проработки условий и последовательности этапов работы по созданию комплекса аппаратуры, включающего видеосистему и геохимический модуль, обоснована необходимость функционального разделения такого комплекса на независимые подсистемы. Первая подсистема, относящаяся к буксируемому телеуправляемому видеомодулю, имеет раму, цифровую видеокамеру высокого разрешения, осветители на базе сверхъярких светодиодов белого свечения и др. На раме установлены элементы крепления постановочного модуля – донной геохимической станции. В свою очередь, постановочный модуль имеет свою независимую видеосистему, задача которой – отслеживание во времени масштабов и изменчивости газовыделения со дна, в месте постановки донной станции, а также наблюдение за функционированием программируемых подсистем донной станции, включающих систему автоматического

пробоотбора и подвижные крышки рабочего и фоновых боксов.

Проведено макетирование видеосистемы, для дистанционного наблюдения за объектами под водой на глубинах до 2000 м. Разработаны элементы конструкции, обеспечивающие гибкий монтаж видеокамеры и комплекса светодиодных осветителей на постановочном модуле, а также практически круговую ориентацию камеры под водой. Видеокамера размещается в прочном корпусе с иллюминатором из акрилового стекла и обеспечена герметичными вводами для управления работой и считыванием записанных в течение времени экспозиции видеоматериалов. Цифровая видеокамера с матрицей высокого разрешения обеспечивает обнаружение объектов с размерами от 3 мм, что достаточно для видеорегистрации высачиваний пузырьков метана, сопровождающих образование и разложение газовых гидратов. Конструкция компоновки и взаимного расположения видеокамеры и светодиодных осветителей яркого света, обеспечивает эффективную работу видеокамеры в затемненных условиях. Созданные электронные компоненты в составе видеосистемы обеспечивают оптимальные режимы работы световидеокомплекса, а также функции управления.

Исследования и разработка основных узлов донного модуля

Разработана пространственная компоновка и конструкция блока специализированной гидрохимической аппаратуры, для автоматизированного анализа придонного потока вещества. Пространственная компоновка разрабатывалась на базе ранее отмакетированной донной станции. Станция включает цилиндрическую раму трубной конструкции, на которой крепятся все основные элементы комплекса, включающие три бокса, два автоматических пробоотборника и сенсоры для анализа придонного потока вещества. Там же размещены блок управления работой станции, блок питания, донный видеомодуль, для автоматической записи параметров газового высачивания, с целью последующего расчета восходящего потока метана. Используется оригинальная трехблочная структура донного гидрохимического блока донной станции, не имеющая аналогов. Система автоматизированного сбора гидрохимических данных состоит из блока автоматического отбора проб воды, из рабочего и фоновых боксов, управляемых программируемым контроллером, передающим команды на исполняющие элементы. В них входят – шаговый двигатель и механические элементы, производящие всасывание проб воды в шпри-

цы большого объема, функционирующие за счет энергии предварительно сжатых пружин. Датчики, контролирующие потребление кислорода осадком, за счет окисления метана из разлагающихся газовых гидратов, электрически соединены с платой накопления информации, расположенной в герметичном корпусе. С целью оптимизации параметров и размеров элементов комплекса выполнены расчеты прочности жестких корпусов блоков турбулизации и управления работой донного комплекса, подобраны оптимальные материалы для изготовления элементов конструкции, изготовлены макеты и проведены их испытания в камере высокого давления [4, 5].

Макетирование и отработка основных узлов

Осуществлялось макетирование отдельных электронных блоков видеосистемы, системы освещения и управления видеомодуля, а также блока специализированной аппаратуры сбора гидрохимических данных, работающего в составе донного комплекса. На этой базе отработаны основные узлы управляющего блока бортовой электронной системы сбора гидрохимических данных и выполнено изготовление отдельных электронных блоков видеосистемы. Проведена адаптация схемотехнических средств и алгоритмов коммутационной подсистемы контроллера, обеспечивающего управление блоком специализированной аппаратуры, тремя перемешивающими устройствами и автоматическим пробоотбором. Разрабатываемый подводный телеуправляемый донный комплекс имеет оригинальные технические решения, включающие наличие вспомогательных донных камер, что дает возможность повысить точность количественных расчетов потоков химических элементов через морское дно. Оснащение двухуровневой системой видеонаблюдения, состоящей из бультируемого и постановочного видео-модулей, существенно расширяет функциональные возможности разрабатываемого комплекса.

Разработка программы испытаний

Программа испытаний аппаратуры сбора гидрохимических данных включает лабораторные и натурные испытания. Проведены лабораторные испытания герметичных корпусов блока питания и управления работы станции на стенде до давлений, превышающих требования технического задания на 10%. Программа испытаний, состоит из пяти циклов набора и сброса давления, начиная от 120 до 220 атмосфер. Программа натурных испытаний предполагает испыта-

ние всей системы в сборе в ходе экспедиционных работ, например, на озере Байкал при глубинах 400, 900 и 1400 м. Температура придонной воды в этом регионе составляет 3,3 градуса, что позволяет формироваться газовым гидратам на глубинах свыше 350 м. На основе разработанной программы и методики испытаний гидрохимического блока и постановочного видеомодуля были проведены испытания в лабораторных условиях, элементов блока специализированной аппаратуры и постановочного видеомодуля.

Проведены частичные испытания по программированию управляющего контроллера и определения интервалов времен (t), для подачи специальных команд: $(t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + 4 \times t_6)$.

t_1 – время до подачи питания на выходные клеммы вспомогательного перемешивающего устройства. Поскольку это устройство пока не используется, то этот параметр рекомендуется задать равным нулю ($t_1 = 00\ 00$).

t_2 – время постепенного увеличения напряжения на выходных клеммах вспомогательного перемешивающего устройства. Поскольку это устройство пока не используется, то этот параметр так же рекомендуется задать равным нулю ($t_2 = 00\ 00$).

t_3 – время от включения питания до начала срабатывания блока автоматического пробоотбора. Это время должно определяться потребностью в степени начальной промывки рабочего и фоновых баков. Определить это время можно, контролируя скорость изменения концентрации кислорода в рабочем и фоновом баках. Рекомендуемое время t_3 – 4 часа, однако надо учитывать «паразитное» время между подачей питания на контроллер и постановкой станции на дне.

t_4 – время работы шагового двигателя, оно определяется необходимостью поворота оси со спусковыми кулачками на 45 градусов. Опытным путем установлено, что для этого нужно 3,6 секунды. Этому времени соответствует значение $t_4 = 36$.

t_5 – время задержки первого отбора пробы, после закрытия промывочного отверстия. Оно может выбираться в зависимости от задач исследования и определяет начальную точку измерений потоков. Можно ставить практически сразу после закрытия промывочного отверстия, с интервалом в 10 минут, для успокоения возможных воздействий от закрытия крышки промывочного устройства.

t_6 – интервал между пробоотбором последовательных шприцов. Этот интервал связан с длительностью постановки ($t_{\text{общ}}$). Для расчета t_6 используется соотношение:

$t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + 4 \times t_6 = t_{\text{общ}}$ – время постановки. Для суточных постановок t_6 устанавливается 5 часов.

По результатам предварительных испытаний был сделан вывод о необходимости тщательного контроля последовательности предпоставочных операций, по обслуживанию донной гидрохимической станции.

Области и масштабы использования

Полученные в результате исследований и разборок результаты могут быть использованы в той части океанологии, которая занимается оценкой энергетических ресурсов Мирового океана. Ресурсная оценка метана, связанного в газовых гидратах, находящихся в морских осадках, является одной из основных задач в национальных программах по изучению природных газовых гидратов, принятых в США, Канаде, Японии, Индии и Южной Корее. В настоящее время основной интерес к природным газовым гидратам в акваториях сконцентрирован на энергетической значимости газовых гидратов, как источника экологически чистой энергии в будущем. Ресурсы газовых гидратов связаны с ресурсами обычного газа и нефти в акваториях, и многие результаты по исследованию газовых гидратов могут быть использованы для решения задач, связанных с традиционными нефтегазовыми ресурсами. Все это стимулирует развитие новых технологий, которые могут быть использованы и для других задач, связанных с изучением Мирового океана. В частности, донные комплексы могут быть использованы при экологическом мониторинге акваторий, подвергшихся воздействию мощной антропогенной нагрузки. Кроме того, полученные результаты могут быть использованы как в дальнейших исследованиях, так и в совершенствовании аппаратуры, в составе подводного телеуправляемого донного комплекса [6, 7].

Выводы

Выполнено макетирование и изготовление отдельных электронных блоков видеосистемы, системы освещения и управления видеомодуля, а также блока специализированной аппаратуры сбора гидрохимических данных, работающего в составе донной станции. Разработаны и отмакетированы донные камеры, с автоматическим устройством отбора проб воды для химических анализов, электронные узлы управления и сбора данных оптоволоконного датчика, для измерения содержания кислорода и датчика измерения теплового потока. Испытан механизм устройства разового отбора проб, донного грунта и др. Проведены промежуточные испытания блоков и устройств, модернизированной конструкции подводного телеуправляемого донного комплекса, отвечающего требованиям расширенных функ-

циональных возможностей, по изучению газовых гидратов, надежности и удобства эксплуатации. Новизна научных решений состоит в разработке системной концепции проведения работ по изучению придонных процессов, в том числе газовых гидратов на дне, с использованием подводного телеуправляемого донного комплекса. В основу концепции положены теоретические модели механизмов вертикального переноса метано-содержащих флюидов, и оригинальные технические решения по созданию блока специализированной аппаратуры, что значительно повышает точность количественных расчетов, потоков химических элементов через морское дно. Научная и практическая значимость заключается в открывающихся возможностях исследований и оценок ресурсов метана, связанного в газовые гидраты, находящиеся в морских осадках, и являющихся источником экологически чистой энергии в будущем. Все это стимулирует развитие новых технологий, которые могут быть использованы и для других задач, связанных с изучением окраинных морей. В частности, подводные телеуправляемые донные комплексы могут быть использованы при экологическом мониторинге акваторий.

Работа выполнена в рамках государственного задания ФАНО России (тема № 0149-2018-0010) при частичной поддержке РФФИ (проект № РГО-а 17-05-41041), а также РНФ (проект 14-50-00095).

Список литературы

1. Авилов В.И., Авилова С.Д. Методологический подход к разработке специализированных технических средств акваториологии // Современные методы и средства океанологических исследований: материалы XI Международной научно-технической конференции. – М., 2009. – С. 53–57.
2. Смирнов Г.В., Аистов Е.А., Оленин А.Л. Многоканальный гидролого-оптико-химический комплекс // Современные методы и средства океанологических исследований: материалы XII Международной научно-технической конференции. – М., 2011. – С. 104–106.
3. Макагон Ю.Ф. К вопросу о ресурсах газа в гидратном состоянии // Газовые гидраты в экосистеме Земли. Тезисы докладов. – Новосибирск, 2003. – С. 53–56.
4. Авилов В.И. Газобioхимические методы исследования придонной среды // Современные методы и средства океанологических исследований: материалы XIII Международной научно-технической конференции. – М., 2013. – С. 93–98.
5. Егоров А.В., Рожков А.Н., Черняев Е.С. Методы исследования тепловых эффектов при формировании и разложении газовых гидратов в глубоководных условиях // Современные методы и средства океанологических исследований: материалы XIII Международной научно-технической конференции. – М., 2013. – С. 285–288.
6. Соловьев В.А. Природные газовые гидраты как потенциальное полезное ископаемое // Российский химический журнал. – 2003. – Т. 47, № 3. – С. 59–69.
7. Амбросимов А.К., Голубов Б.Н. Металлоносность вод и донных осадков Северного Каспия как показатель субмаринной разгрузки флюидов из его недр // Современные методы и средства океанологических исследований: материалы XIII Международной научно-технической конференции. – М., 2013. – С. 98–102.

УДК 004.021

ОПТИМИЗАЦИЯ ЗАДАЧИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ФОЛДИНГА БЕЛКА МЕТОДАМИ МОЛЕКУЛЯРНОЙ ДИНАМИКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СПИСКОВ ВЕРЛЕ

Маслов Е.В., Белов Ю.С.

Калужский филиал ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», Калуга, e-mail: rezaro@mail.ru

В данной статье рассматриваются преимущества использования списков Верле в алгоритмах по поиску соседей в симуляциях молекулярной динамики GROMACS. Схема Верле сравнивается с более простой групповой схемой. Алгоритмы молекулярной динамики очень требовательны к производительности системы, и часто приходится выбирать между точностью и скоростью. В связи с этим любые новые подходы, которые могли бы улучшить производительность, имеют большую ценность. Использование продвинутых алгоритмов поиска соседей является одним из способов снизить нагрузку, так как позволяет выполнять вычисления только для тех частиц, взаимодействие с которыми имеет наибольший вклад. Как правило, это частицы, которые находятся достаточно близко. Однако расстояние между ними постоянно меняется, и главной проблемой становится отслеживание тех из них, которые входят в радиус взаимодействия и выходят из него. В результате выполнение алгоритма поиска соседей становится все более затратным и должно быть оптимизировано. Вторая часть статьи посвящена практическому применению схемы Верле в симуляции фолдинга белка. Описаны параметры использованной системы, параметры проведенной симуляции, результаты симуляции и их анализ. Симуляция проводилась с использованием пакета GROMACS и технологии CUDA.

Ключевые слова: молекулярная динамика, фолдинг белка, GROMACS, списки Верле

OPTIMIZATION OF PROTEIN FOLDING PROBLEM USING MOLECULAR DYNAMICS APPROACH WITH VERLET LISTS

Maslov E.V., Belov Yu.S.

*Kaluga branch of the federal state budget education institution of higher education
«Moscow State Technical University named after N.E. Bauman (National Research University)»,
Kaluga, e-mail: rezaro@mail.ru*

This article describes advantages of Verlet lists in neighbour search algorithms in molecular dynamics simulations in GROMACS. Verlet scheme is compared to more simple group scheme. MD algorithms are very demanding in terms of system computational power and that usually makes researchers to choose between speed and accuracy. Thus, any new approaches that can potentially increase simulation performance are very valuable. Advanced neighbour search algorithm use is one of the many ways to reduce load, since it allows to perform calculations only on particles, interactions with which has the most contribution. Usually, they are particles which are close enough. However, distance between particles is always changing, which is why the main problem is to track particles that enter interaction range or leave it. As a result, executing neighbor search algorithm becomes more and more expensive and thus must be optimized. The second part of this article is devoted to practical usage of Verlet scheme in protein folding simulation. System parameters, simulation parameters, simulation results and their analysis are presented there. The simulation was performed using GROMACS software package and CUDA technology.

Keywords: molecular dynamics, protein folding, GROMACS, Verlet lists

При моделировании фолдинга белка методом молекулярной динамики ограничения в производительности вычислительной системы являются одним из самых больших препятствий. Именно поэтому в данной области большое внимание уделяется оптимизации алгоритмов работы. Эта статья посвящена спискам Верле, как одному из вариантов оптимизации этапа поиска соседей.

Цель исследования: определить, насколько эффективно использование списков Верле для поиска соседей при проведении симуляции фолдинга белка.

Методы исследования:

– анализ существующих инструментов по моделированию фолдинга белка;

– практическое проведение симуляций фолдинга с анализом достигнутых результатов.

Результаты исследования и их обсуждение

На данный момент одним из самых распространенных пакетов ПО для проведения симуляций молекулярной динамики и, в частности, фолдинга белка является GROMACS [1]. Именно этот пакет был использован в данной статье для проведения симуляции.

Начиная с версии 4.6, GROMACS поддерживает две разных схемы по отсечению – оригинальную, основанную на группах частиц, и новую, использующую буфер

Верле [2]. Между ними имеются серьезные различия, которые влияют на результаты, скорость работы и поддержку некоторых функций. Схему групп можно настроить так, что она будет работать почти как схема Верле, но ценой этого станет снижение производительности. Групповая схема особенно быстро работает при расчете молекул воды, которых очень много в широком круге симуляций, но на большинстве современных процессоров x86 схема Верле сполна компенсирует это преимущество лучшим параллелизмом при исполнении команд. Групповая схема считается устаревшей начиная с версии 5.0 и будет полностью удалена в будущих версиях [3].

В групповой схеме список соседей состоит из пар групп из по крайней мере одной частицы. Поначалу эти группы были группами зарядов, но при правильной обработке электростатических сил дальнего действия единственным преимуществом схемы становится производительность при проведении симуляций без буферизации. Пары групп помещаются в список соседей, если их геометрический центр находится в пределах радиуса отсечения. Взаимодействия между всеми частицами групп (по одной от каждой группы) рассчитываются для нескольких шагов симуляции, а затем список обновляется. Такой подход очень эффективен, поскольку в процессе поиска соседей проверяются расстояния только между группами зарядов, а не любыми парами частиц и ядра нековалентных сил могут быть оптимизированы, например, для «группы» молекул воды. Без явной буферизации применение схемы может привести к отклонениям в энергии системы из-за того, что некоторые пары частиц, находящиеся внутри радиуса отсечения взаимодействуют друг с другом, а некоторые частицы за радиусом отсечения, наоборот, взаимодействуют. Причиной может быть то, что частицы постоянно переходят через границу отсечения между шагами поиска соседей и/или, если группы состоят из более чем одной частицы, причиной могут быть частицы, выходящие или входящие в радиус отсечения, в то время как геометрический центр системы находится, напротив, в или вне радиуса.

Применение явного буфера в списке соседей позволит избавиться от этих ошибок, но значительно снизит производительность. Степень отклонений зависит от системы, свойств, которые необходимо изучить, и параметров отсечения.

Схема списков Верле по умолчанию использует буферизованные списки пар.

В ней также используются кластеры частиц, но они не статические, как в групповой схеме. Напротив, эти кластеры определяются как область в пространстве и обычно состоят из 4–8 частиц. Такая группировка очень удобна при использовании потоковых вычислений, например SSE, AVX или CUDA на графических процессорах. На шагах, требующих проведения поиска соседей, создается список пар с буфером Верле, при этом радиус отсечения для списка пар больше, чем радиус отсечения взаимодействий. В ядрах нековалентных сил взаимодействия вычисляются только тогда, когда пара частиц находится в пределах радиуса отсечения в данный момент времени. Благодаря этому гарантируется, что при перемещении частиц рассчитываются силы почти между всеми частицами внутри радиуса отсечения. «Почти» все, потому что GROMACS обновляет списки пар с фиксированной частотой и скоростью. Пара частиц, находящихся за радиусом отсечения, теоретически может пройти достаточное расстояние за эти несколько шагов между обновлениями списков, чтобы оказаться внутри радиуса отсечения [4].

В результате имеется незначительный шанс потерь энергии, размер которых зависит от температуры. При использовании температурных связей размер буфера может быть определен автоматически, при заданном пороге потерь энергии.

Схема отсечения со списками Верле работает очень эффективно благодаря использованию кластеров частиц. В простейшем примере размер одного кластера – 4 частицы. Список пар затем собирается на основе пар кластеров. Поиск пар кластеров намного быстрее поиска пар частиц, поскольку $4 \times 4 = 16$ пар частиц добавляются в список за раз. После этого для расчетов множества частиц можно использовать одно и то же ядро нековалентных сил. Такой подход очень эффективен в сочетании с SIMD и SIMT элементами современной аппаратуры и позволяет одновременно исполнять множество операций с числами с плавающей запятой [5]. В большинстве вычислительных систем, особенно современных, такие ядра нековалентных сил намного быстрее обычных, используемых в групповой схеме.

В табл. 3 показаны примерные скорости симуляции при использовании разных схем. При симуляции произвольных групп атомов производительность будет примерно такая же, что и у модели tips3p. При моделировании белка в воде производительность будет чем-то средним между tip3p и tips3p.

Таблица 1

Примеры скоростей симуляции при разных схемах поиска соседей.
Система Intel Core i7 2600, 3.4 GHz + Nvidia GTX660Ti

Система	Групповая схема, без буфера	Групповая схема, с буфером	Схема Верле, с буфером	Схема Верле, с буфером и ускорением ГП
	8 потоков MPI	8 потоков MPI	8 потоков OpenMP	8 потоков OpenMP
tip3p, с заряженными группами	208 нс/день	116 нс/день	170 нс/день	450 нс/день
tip3p, с заряженными группами	129 нс/день	63 нс/день	162 нс/день	450 нс/день
tip3p, без заряженных групп	104 нс/день	75 нс/день	162 нс/день	450 нс/день

Проведение симуляции фолдинга белка

Данное исследование проводилось на ПК со следующими показателями:

- Процессор AMD Athlon II X4 620
- Видеокарта GeForce GTX 1050

В качестве белка был выбран один из самых коротких из существующих в мире белков – Trp-Cage (TC5b). Он также является белком, который сворачивается значительно быстрее других, что упрощает процесс симуляции.

Одним из главных препятствий при проведении симуляции являются проблемы с параллелизмом при симуляции [6]. Однако практически любой современный ПК имеет не только обычный ЦП, но и специализированный графический процессор. Графические процессоры обладают совершенно другой архитектурой, и параллельное выполнение простых вычислений является их главной целью. Выполнять вычисления можно как с помощью шейдеров и текстур, так и с помощью специализированного интерфейса – CUDA либо OpenCL. GROMACS поддерживает оба интерфейса. В данной работе вычисление проводилось на процессоре GeForce от NVIDIA. Обычно такие процессоры оптимизированы для интерфейса CUDA. CUDA широко используется при обработке изображений (например, [7]), но основное назначение интерфейса является предоставление возможности выполнять сугубо математические вычисления на графическом процессоре, поэтому он часто используется и в задачах моделирования (например, [8]).

Проведенная симуляция обладала параметрами, указанными в табл. 1.

Важными результатами этой симуляции являются скорость – 1,716 ч/нс и коэффициент загрузки GPU/CPU. Коэффициент позволяет определить, насколько хорошо произошло распределение нагрузки между центральным и графическим процессором, и в идеале должен быть близким к 1. Результаты показаны в табл. 2.

Таблица 2

Параметры симуляции

Время	12 нс (3M+3M)
Шаг	2 фс
Ячейка	куб со стороной 1 нм
Модель воды	явная, tip3p
Алгоритм поиска соседей	списки Верле
Алгоритм расчета ограничений	LINCS
Алгоритм электростатического взаимодействия	суммирование Эвальда
Алгоритм расчета сил Ван дер Ваальса	отсечение

Стоит отметить, что, по сравнению с симуляциями, использующими неявную модель воды, скорость оказалась достаточно низкой. Однако преимущества неявной модели почти полностью сводятся к нет проблем с декомпозицией домена и в итоге скорость оказывается почти одинаковой. К сожалению, GROMACS не позволяет использовать неявную модель в сочетании со списками Верле, а значит, и ускорение GPU оказывается невозможным. Использование GPU в сочетании с неявной моделью воды позволило бы на порядок ускорить процесс симуляции.

Таблица 3

Результаты симуляции

Достигнутая скорость	1,716 ч/нс
Загруженность GPU/CPU	0,852

Для проверки точности симуляции использовался показатель RMSD (Root Mean-Square Deviation of atomic positions) – среднеквадратичное отклонение координат атомов или СКО. Отклонения измерялись в сравнении с координатами, полученными при помощи спектроскопии ядерного магнитного резонанса, которые может получить любой желающий из базы структур [9]. Использованный белок имел шифр 1l2y.

Изменение СКО во время симуляции

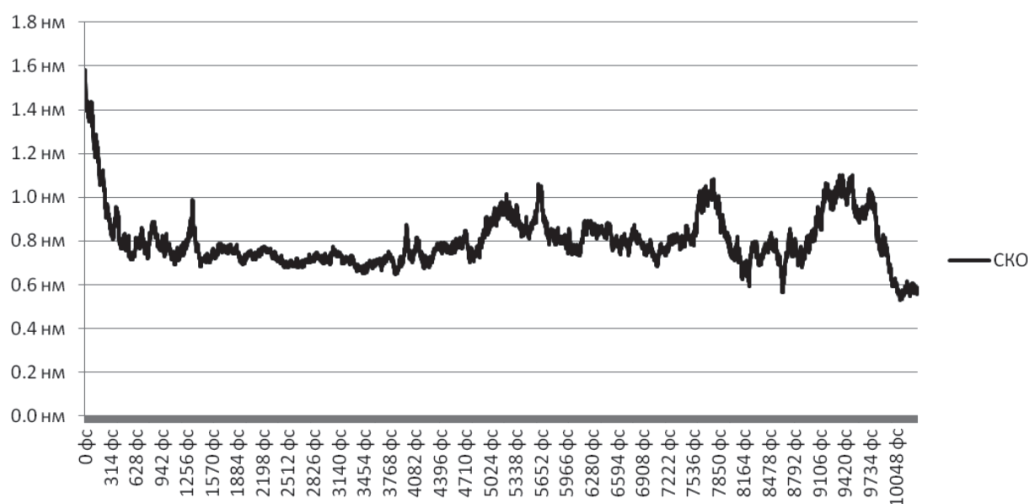


Рис. 1. СКО пятой симуляции

СКК атомов во время симуляции



Рис. 2. СКК пятой симуляции

Отклонение от целевой структуры все уменьшается, скорее всего фолдинг белка проходит по верному пути. Первые пикасекунды симуляции характеризуются резким спадом отклонения в связи с тем, что исходная линейная структура белка начинает скручиваться. Также можно заметить резкие пики, в которые белок внезапно разворачивается и более или менее пологие участки, вероятно, соответствующие локальным минимумам энергии.

Также интерес представляет такой показатель, как RMSF (Root mean-square

fluctuation) – среднеквадратичные колебания координат атома (СКК). По своей сути он очень похож на СКО с тем отличием, что СКО рассчитывается как среднее по всей системе, а СКК рассчитывается для одного атома в течение всей симуляции.

На рис. 3 показан график времени, затраченного на разные этапы симуляции молекулярной динамики. Явно видно, что основной проблемой является расчет сетки Эвальда (метод Эвальда используется для расчета сил электростатического взаимодействия).

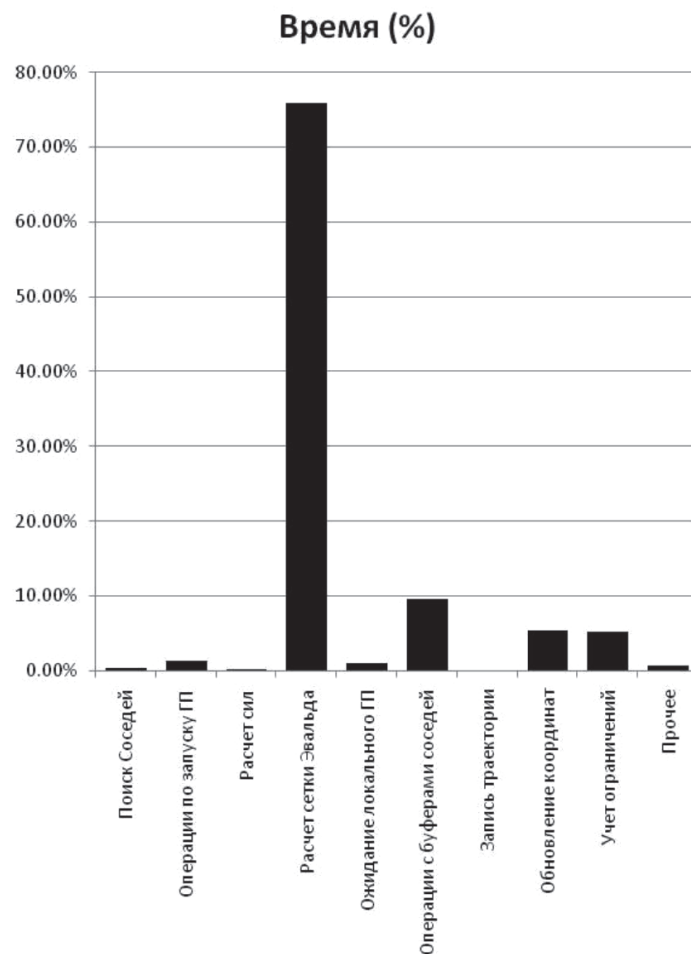


Рис. 3. Время, затраченное на разные группы операций в симуляции МД

Операции с буферами соседей заняли не больше 10% времени – достаточно малая часть от всего времени выполнения, особенно по сравнению со временем, затраченным на расчет сетки Эвальда. Сам же поиск соседей и вовсе не потребовал сколько-нибудь значительных вычислительных мощностей.

Заключение

В GROMACS списки Верле позволяют эффективно использовать ГП для ускорения вычислений, что дает значительное преимущество над старой схемой. Они также являются более точным способом определения соседей. И, хотя групповая схема и может быть быстрее в силу своей простоты, на практике, при проведении симуляций, предпочтение нужно отдавать схеме Верле.

Список литературы

1. Abraham M.J., Murtola T., Schulz R., Pall S., Smith J.C., Hess B., Lindahl E. GROMACS: High performance molecular simulations through multi-level parallelism from laptops to supercomputers SoftwareX 1 (2015) pp. 19–25.

2. Verlet L. Computer experiments on classical fluids. I. Thermodynamic properties of Lenard-Jones molecules // Phys. Rev. 1967. V. 159. P. 98–103.

3. Abraham M.J., D. van der Spoel, E. Lindahl, B. Hess, and the GROMACS development team, GROMACS User Manual version 2016.4, www.gromacs.org (2017).

4. Pall S., Hess B. A flexible algorithm for calculating pair interactions on SIMD architectures. Comput. Phys. Commun. 184, 2641–2650 (2013).

5. Pall M., Abraham J., Kutzner C., Hess B., Lindahl E. Tackling Exascale Software Challenges in Molecular Dynamics Simulations with GROMACS In S. Markidis & E. Laure (Eds.), Solving Software Challenges for Exascale 8759 (2015) pp. 3–27.

6. Белов Ю.С., Маслов Е.В. Организация параллелизма в задачах молекулярной динамики // Электронный журнал: наука, техника и образование. – 2017. – № 1 (10). – С. 38–43. URL: <http://nto-journal.ru/uploads/articles/b708792ca25bce3ed136b9cbe62eb8f7.pdf> (дата обращения: 25.04.2018).

7. Степанов Д.Н., Тищенко И.П. Интегрированная программная библиотека для обработки медицинских и промышленных снимков // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 4.; URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=9701> (дата обращения: 18.04.2018).

8. Копылов С.Ю. Трехмерное формирование шероховатости при виброударном упрочнении проточных каналов рабочего колеса компрессора // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 5.; URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=10276> (дата обращения: 18.04.2018).

9. Protein Data Bank [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rcsb.org> (дата обращения: 25.04.2018).

УДК 004.056:004.81

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ПРОБЛЕМЕ АНАЛИЗА ПРОЕКТНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРСПЕКТИВНЫХ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ

¹Надеждин Е.Н., ²Шаранов Д.А.¹ФГБОУ ВО «Тульский государственный педагогический университет имени Л.Н. Толстого»,
Тула, e-mail: en-hope@yandex.ru;²Шуйский филиал ФГБОУ ВО «Ивановский государственный университет», Шuya,
e-mail: dima.shar55@mail.ru

Сформулирована проблема прогностической оценки проектных рисков, возникающих на этапе проектирования новых средств защиты информации. Обоснована необходимость получения количественных оценок проектного риска для выбора направления технического проектирования и последующей модернизации средства защиты. Выделены и проанализированы факторы, которые затрудняют получение объективных оценок риска на начальных этапах проектирования. Систематизированы методы количественной и качественной оценки проектных рисков. Показано, что применение классических методов моделирования сложных систем в задачах прогностической оценки проектных рисков ограничено. Основные трудности обусловлены: неточностью задания исходных данных, высокой размерностью задачи и отсутствием аналитической модели функционала проектного риска. Предлагается исходную задачу проектной эффективности интерпретировать как задачу анализа влияния априорно выделенных факторов – концептов – на величину проектного риска. Дано содержательное описание обобщенного когнитивного подхода к задачам идентификации и анализа проектных рисков, основанного на применении метода экспертных оценок и аппарата нечетких когнитивных карт. По результатам когнитивного анализа выделяется подмножество доминирующих концептов, оказывающих наибольшее влияние на целевой концепт – проектный риск. Изучение системных показателей нечеткой когнитивной карты даёт основание для принятия решения по вопросу финансирования проекта средства защиты информации.

Ключевые слова: программная защита информационных ресурсов, проектный риск, экспертная оценка, нечеткая когнитивная карта

MODERN APPROACHES TO THE PROBLEM OF ANALYSIS OF THE EFFECTIVENESS OF PROJECTS OF PROMISING MEANS OF INFORMATION PROTECTION

¹Nadezhdin E.N., ²Sharanov D.A.¹Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education «Tula State
Pedagogical University named after L.N. Tolstoy», Tula, e-mail: en-hope@yandex.ru;²Shuya branch of Ivanovo state University, Shuya, e-mail: dima.shar55@mail.ru

The problem of predictive evaluation of design risks arising at the design stage of new information protection tools is formulated. The necessity of obtaining quantitative estimates of the project risk for choosing the direction of technical design and the subsequent modernization of the protective equipment is substantiated. The factors that make it difficult to obtain objective risk assessments at the initial stages of design are identified and analyzed. The methods of quantitative and qualitative assessment of project risks are systematized. It is shown that the application of classical methods for modeling complex systems in the tasks of predictive assessment of project risks is limited. The main difficulties are due to: the inaccuracy of the input of the initial data, the high dimensionality of the problem and the absence of an analytical model of the project risk functional. It is suggested to interpret the initial problem of project effectiveness as a task of analyzing the influence of a priori identified factors – concepts – on the magnitude of project risk. A meaningful description of the generalized cognitive approach to problems of identification and analysis of design risks based on the application of the method of expert evaluations and the apparatus of fuzzy cognitive maps is given. According to the results of cognitive analysis, a subset of dominant concepts is singled out, which have the greatest impact on the target concept-project risk. The study of the system indicators of a fuzzy cognitive map provides the basis for deciding on the issue of financing an information security project.

Keywords: software protection of information resources, project risk, expert evaluation, fuzzy cognitive map

Быстрое развитие и внедрение информационных и коммуникационных технологий (ИКТ) в сферу производства материальных благ открыло новые перспективы для научно-технического прогресса и, одновременно обострило проблему информационной безопасности (ИБ) [1]. О важности задач обеспечения ИБ убедительно свидетельствуют данные статистики, согласно

которым на защиту критических активов от информационных угроз крупные коммерческие и финансовые организации сегодня тратят не менее (20...27) % своей прибыли. Для своевременного выявления и нейтрализации информационных угроз в состав корпоративных информационных сетей (КИС) включают системы защиты информации (СЗИ), реализующие комплекс разнообраз-

ных механизмов защиты. При создании и внедрении перспективных средств программной защиты (СПЗ) информационных ресурсов (ИР) принципиальным является обоснованный выбор проектных решений, обладающих заданным набором технических характеристик и соответствующим потенциалом для последующей модификации [2]. В этой связи представляется актуальной разработка новых прикладных методов оценки проектного риска [3]. Непрерывный контроль рисков на различных стадиях проектно-конструкторских разработок (ПКР) позволяет выявлять существующие деструктивные факторы и через их превентивную компенсацию способствовать повышению конкурентоспособности проекта СПЗ с минимальными затратами ресурсов [4]. Анализ опыта разработки, тестирования и верификации средств защиты позволяет констатировать, что в составе перспективной технологии ПКР должны быть предусмотрены специальные средства прогностической оценки и контроля проектного риска на всех этапах разработки и внедрения СПЗ. Такие инструментальные средства, как следует из современной парадигмы программной инженерии, призваны обеспечить высокое качество и конкурентоспособность СПЗ, являющихся результатами интеллектуальной деятельности большого коллектива разработчиков [5].

Целью статьи является сравнительный анализ существующих подходов к решению задач оценки проектных рисков, возникающих при разработке перспективных СПЗ ИР.

Термин «риск» широко используется в различных предметных областях: в инвестиционном анализе [6, 7], в менеджменте [8, 9], в экологии [10], в сфере информационной безопасности [11, 12], в педагогике [13], в сфере проектирования сложных систем [14, 15], в программной инженерии [16, 17] и др. Однако однозначной интерпретации этого понятия не существует, а общая методология идентификации и количественной оценки проектных рисков в настоящее время находится в стадии формирования.

Опираясь на рекомендации работы [18], примем за основу следующее определение: *«проектный риск – это возможность возникновения непредвиденных ситуаций или рисков событий, которые могут негативно или позитивно воздействовать на достижение запланированных результатов проекта или его отдельных показателей, имеющих временную, количественную и стоимостную оценку»*. При этом сам проект СПЗ ИР будем рассматривать на

временном отрезке, который охватывает два смежных этапа жизненного цикла: этап проектирования и этап нормальной эксплуатации.

Введём следующее обозначение: P_N – вероятность сложного события A , заключающегося в том, что после разработки и приёма в эксплуатацию СПЗ ИР будет успешно функционировать в составе СЗИ в течение заданного интервала времени $\Delta t \leq T_N$ без замены или глубокой модернизации. В этом случае проектный риск будем интерпретировать как вероятность альтернативного события $\bar{A}$, состоящего в том, что СПЗ из-за влияния дестабилизирующих факторов не выполнит заданные функции в процессе эксплуатации на интервале времени $\Delta t \in T_N$. При этом вероятность проектного риска представим в виде: $P_{пр} = 1 - P_N$.

Выделим принципиальные особенности проектных рисков:

- 1) многофакторность и многоаспектность;
- 2) интегрированный характер;
- 3) объективность проявления;
- 4) высокий уровень связи с коммерческим риском;
- 5) отсутствие достаточной методической и информационной базы для количественной оценки;
- 6) существенная зависимость от продолжительности жизненного цикла проекта;
- 7) высокий уровень варибельности уровня риска по однотипным проектам;
- 8) нестационарность внешней (по отношению к проекту) среды;
- 9) неполнота и противоречивость информации о возможных событиях;
- 10) существенная роль человеческого фактора в принятии решений;
- 11) отсутствие надёжных рыночных индикаторов уровня риска;
- 12) изменение структуры риска на различных стадиях реализации проекта.

Дополнительно отметим, что уникальность реализуемых в проекте СПЗ ИР инновационных идей и конструкторских решений расширяет границы неопределённости будущего развития событий и затрудняет формирование полноценной информационной базы анализа и статистики по всем существенным факторам и проектным параметрам.

Сложность проектного риска как объекта анализа и регулирования предопределяет выбор системного подхода в качестве методологического базиса его исследования [19]. В последних работах, посвящённых вопросам управления проектной деятельностью [7, 20], представлены научные достижения по различным аспектам учета и оценки проектных рисков. Однако эти ре-

зультаты нельзя считать окончательными, а прикладные методики количественной оценки проектных рисков требуют дальнейшего развития, поскольку не учитывают возможные изменения факторов риска и взаимосвязи категорий в схеме «источники риска – факторы риска – вероятности риска – компенсационная доходность – показатели риска». Иначе, существующие методики анализа рисков не обеспечивают научно обоснованного решения актуальных задач реализации инновационных проектов (количественный анализ уровня риска в условиях неопределенности, учёт производственных и технологических факторов, состав и потенциал команды разработчиков, технологии управления проектом, изменение конъюнктуры рынка и др.).

Как показал анализ состояния вопроса, для количественной оценки проектных рисков чаще всего используют следующие группы методов:

1. Статистические методы, базирующиеся на методах теории вероятностей и математической статистики.
2. Методы экспертных оценок, основанные на использовании знаний экспертов при анализе вариантов проекта и учете влияния качественных факторов.
3. Методы аналогий, основанные на анализе опыта изучения аналогичных проектов и условий их реализации для расчета вероятностей потерь, применяемые при наличии представительной информационной базы анализа рисков.
4. Методы математического моделирования, используемые для формального отображения предметной области и воспроизведения процессов проектирования и практического применения СПЗ (в составе СЗИ) с учётом множества существенных факторов.
5. Комбинированные методы.

Статистические методы – основываются на изучении статистики потерь и выигрышей, имевших место в аналогичных производственно-хозяйственных ситуациях, на установлении частоты и вероятности появления определенных типов рисков событий. По данным публикаций, именно статистические методы обеспечивают наиболее корректную и обоснованную оценку уровня риска. Однако статистические методы требуют строгого описания объекта защиты и применимы при наличии достаточно полной и достоверной информации о существующих угрозах и условиях использования средств защиты. Другим фактором, лимитирующим применение статистических методов анализа рисков, является идеализация моделей внешней

среды на основе введения допущений о стационарности информационных процессов и линейном характере взаимодействий информационных объектов.

Экспертные методы предполагают сбор, изучение, согласование и обобщение оценок риска, вынесенных высококвалифицированными специалистами в данной предметной области в процессе индивидуальной или коллективной работы. Безусловным преимуществом экспертных методов является возможность их использования практически в любых сферах, ситуациях и условиях. Это утверждение относится к получению экспертного мнения как универсальному методу. Конкретные методики экспертной оценки специфичны, различны по содержанию, и для анализа риска реальной производственной ситуации во многих случаях необходима разработка оригинальной методики. Привлечение экспертов должного уровня квалификации и проведение процедуры оценки могут потребовать существенных затрат ресурсов и времени. Указанные положения в ряде случаев являются критическими, и их следует отнести к недостаткам экспертных методов.

Расчетно-аналитические методы позволяют количественно оценивать риски при отсутствии полной базы статистических данных. Все методы данной группы являются математическими, некоторая их часть основывается на функциональных связях между показателями и, следовательно, применима в ситуации, близкой к полной определенности. В группу входят также методы, разработанные на основе анализа стохастических связей, но использующиеся для анализа функциональных зависимостей, и методы, допускающие субъективную или приближенную оценку вероятности событий. Несмотря на определенные недостатки, расчетно-аналитические методы во многих случаях позволяют отразить специфику проекта и охватить большое число аспектов ПКР (финансовые, экономические, управленческие, технологические и др.) [3]. Поэтому данная группа методов (методик) доминирует в практике анализа проектных рисков.

Перспективным подходом к исследованию проектных рисков является применение *методов математического моделирования* [21]. В решении задач анализа проектных работ хорошо зарекомендовали себя методы сетевого планирования и управления (сетевые графики) и вероятностные модели, использующие аппарат марковских процессов. Однако результаты их применения, как правило, являются достаточно

общими и не всегда отвечают запросам практики. Последнее обусловлено значительной идеализацией предметной области и ориентацией на нормативные показатели. Большим потенциалом обладают методы операционного моделирования, на базе которых могут быть построены адекватные динамические модели формирования проектных рисков, учитывающие особенности ПКР, специфику конкурентной бизнес-среды, элементы пассивного и активного противодействия процессам проектирования и внедрения средств защиты информации, а также сложные схемы влияния и взаимодействия факторов различной физической природы [14].

В основу методической платформы исследования проектных рисков целесообразно положить *комбинированные методы анализа*, сочетающие в себе возможности указанных выше подходов.

Одним из важных конкурентных преимуществ любой проектной организации, представленной на отечественном рынке ИКТ, является быстрая реакция на все изменения, которые относятся к спросу на продукцию, действиям конкурентов и нормативному законодательству. При этом динамично изменяются условия функционирования защищаемых информационных систем, усложняются факторы риска, открываются их новые, ранее неизвестные стороны и характеристики. Риски становятся многофакторными, междисциплинарными, коррелированными, а факторы риска дополняются рядом сложных внутренних связей и функциональных зависимостей [17]. Учитывая приведённые выше обстоятельства, отметим, что для прогностической оценки проектных рисков наиболее предпочтительным является комбинированный подход, сочетающий возможности указанных выше методов анализа.

Для формальной постановки задачи оценки проектного риска СПЗ ИР воспользуемся терминологией и рекомендациями теории проектной эффективности элементов сложных систем [14]. Выделим известную основную задачу проектной эффективности, которая состоит в выборе конечного множества системных параметров СПЗ, исходя из анализа условий и ограничений операционной модели, при которых достигается минимальное значение проектного риска. Предварительно введём ряд обозначений [4].

Пусть $\{\pi\} = \{\pi_1, \dots, \pi_i, \dots, \pi_{m1}\}$ – вектор проектных параметров, исчерпывающе и однозначно описывающих проект СПЗ; $\{\tau\} = \{\tau_1, \dots, \tau_i, \dots, \tau_{m2}\}$ – совокупность «тактических» характеристик, непосредствен-

но определяющих обобщённый показатель эффективности СПЗ и отражаемых в операционной модели. Далее выделим активные и пассивные факторы, характеризующие модель информационного пространства:

$\{\beta\} = \{\beta_1, \dots, \beta_i, \dots, \beta_{m3}\}$ – активные факторы стохастической природы (условия первой группы), через которые учитывается многоканальное противодействие работе СЗИ;

$\{U\} = \{U_1, \dots, U_k, \dots, U_{m4}\}$ – совокупность пассивных факторов (условия второй группы), которые ухудшают характеристики СПЗ и в целом снижают эффективность СЗИ.

Ограничения на факторы первой и второй групп задаются в следующем виде:

$$\beta_j \in [\beta_j^{\min}, \beta_j^{\max}], \quad j = \overline{1, m_3};$$

$$U_k \in [U_k^{\min}, U_k^{\max}], \quad k = \overline{1, m_4}.$$

Конкретный μ -й вариант конструкторского решения по проектируемому СПЗ представим в виде $a_\mu = \{\pi_1, \dots, \pi_i, \dots\}_\mu$. Предположим, что на основе модели операции установлена функциональная зависимость показателя проектного риска R от совокупности факторов

$$R = F(\{\tau\}, \{g\}, \{\beta\}, \{U\}). \quad (1)$$

Здесь $\{g\} = \{g_1, \dots, g_i, \dots, g_{n1}\}$ – вектор параметров объекта защиты.

Зависимость (1) во многих случаях может быть получена в явном виде по данным теоретических расчётов, моделирования или аппроксимации результатов экспериментов.

Основная задача проектной эффективности СПЗ ИР как компонента СЗИ будет заключаться в поиске наилучшего проектного решения $a^* = \tau^* = \{\tau_1, \dots, \tau_i, \dots\}$, для которого обеспечивается наименьшее значение риска

$$R = F(\{\tau\}^*, \{g\}, \{\beta\}, \{U\}) \rightarrow \min_{\{\tau\}} \quad (2)$$

при условии, что суммарные затраты ресурсов (в стоимостном эквиваленте) не превысят допустимого уровня C_d

$$\sum_{k=1}^n [\alpha_k \cdot C_k(\{\tau\}, \{g\})] \leq C_d. \quad (3)$$

Здесь C_k и α_k – затраты ресурса k -го вида и его весовой коэффициент соответственно.

Решение экстремальной задачи (2)–(3) может быть получено на основе применения методов математического программирования [4].

На рис. 1 представлена обобщённая модель задачи оценки проектного риска.

В нашем случае объектом исследования выступает СПЗ, которое входит в состав СЗИ и обеспечивает защиту ИР, поэтому

проектный риск можно косвенно оценивать через величину риска ИБ, обусловленного воздействием совокупности деструктивных факторов в процессе деятельности организации. Иными словами, для определения проектного риска СПЗ могут быть использованы известные прикладные методики анализа защищённости информационных ресурсов, многократно апробированные в инженерной практике.

Структуризация проектного риска предполагает детальный анализ предметной области с выделением существенных факторов риска и причин их проявления. Стоит также принять во внимание, что фактор риска – это предпосылка к возникновению проблемы. Для корректности анализа факторов проектного риска в дальнейшем будем придерживаться классификационной схемы факторов, показанной на рис. 2.

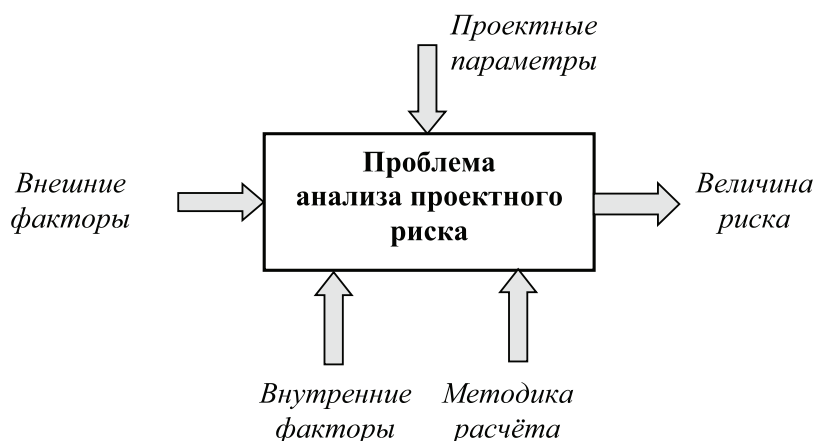


Рис. 1. Представление проблемы оценки проектного риска



Рис. 2. Классификация факторов проектного риска

Таким образом, проектный риск – это потенциальная, численно измеримая возможность реализации неблагоприятных ситуаций и связанных с ними последствий в виде потерь (ущерба, убытков) ожидаемой прибыли, в связи с неопределенностью, то есть со случайным изменением условий проектной деятельности, неблагоприятными, в том числе форс-мажорными обстоятельствами, общим падением цен на рынке; возможность получения непредсказуемого результата в зависимости от принятого проектного (или иного) решения, действия [8]. Проектный риск представляет собой событие, которое может произойти в условиях воздействия определенных факторов с некоторой вероятностью, при этом возможны три разных экономических результата: а) отрицательный, т.е. ущерб, убыток, проигрыш; б) положительный, т.е. выгода, прибыль, выигрыш; в) нулевой (ни ущерба, ни выгоды).

Проектный риск R в простейшем случае вычисляется по формуле [2]:

$$R = P \cdot q, \quad (4)$$

где P – вероятность рискованного события; q – величина ущерба.

Чаще всего под рискованным событием понимается реализация угрозы. Вероятность реализации угрозы принимает значения в интервале $[0; 1]$ и определяется при помощи экспертных, вероятностных, статистических и прочих методов [8].

При оценке величины ущерба от реализации угрозы необходимо учитывать различные последствия, подразделяемые на материальные (финансовые) и нематериальные (репутационные, ущерб окружающей среде и прочие). Для оценки величины ущерба должны привлекаться профильные специалисты: эксперты ИБ, системные аналитики, экономисты, юристы, менеджеры и другие. Показатели вероятности и ущерба могут быть по-разному декомпозированы, в результате чего формула (4) становится более детализированной. Зачастую в литературе, посвященной вопросам ИБ, риск определяется по формуле [2]:

$$R = P_T \cdot P_v \cdot q, \quad (5)$$

где P_T – вероятность возникновения угрозы; P_v – вероятность использования уязвимости.

Формула (5) может быть детализирована посредством добавления в неё показателей, характеризующих эффективность реализованных защитных мер [1]:

$$R = P_T \cdot (1 - E_v) \cdot P_v \cdot (1 - E_q) \cdot q, \quad (6)$$

где E_v – эффективность защитных мер, направленных на предотвращение уязвимости;

E_q – эффективность защитных мер, направленных на снижение последствий.

Для того чтобы проанализировать проектные риски, необходимо осуществить их классификацию и идентификацию, т.е. описать на содержательном уровне и определить, какие виды рисков свойственны конкретному проекту в данном окружении при существующих экономических, технологических, социальных и других условиях.

В основе анализа проектных рисков лежат процедуры, которые заключаются в определении величины (степени) рисков. В соответствии с положениями теории проектной эффективности сложных систем выделяют [3]:

- прямые задачи, которые заключаются в оценке уровня рисков на основании априори известной вероятностной информации;
- обратные задачи, в которых по приемлемому уровню рисков определяются значения проектных параметров СПЗ с учетом технических и технологических ограничений;
- задачи исследования чувствительности, устойчивости результативных, критериальных показателей по отношению к варьированию исходных параметров.

Остановимся подробнее на методе экспертных оценок и методе когнитивного анализа, использующем аппарат нечетких когнитивных карт (НКК). В случае применения экспертных оценок обычно предполагается, что мнение группы экспертов надежнее, чем мнение отдельного эксперта; в этом случае необходимо соблюдать определенные требования: распределение оценок, полученных от экспертов, должно быть «гладким»; две групповые оценки, данные двумя одинаковыми подгруппами, выбранными случайным образом, должны быть близки. Множество задач, решаемых методами экспертных оценок, подразделяют на два класса. К первому классу относятся такие задачи, в отношении которых имеется достаточное обеспечение информацией. При этом методы опроса и обработки основываются на использовании принципа «хорошего измерителя», т.е. эксперт – источник достоверной информации; групповое мнение экспертов близко к истинному решению. Ко второму классу относятся задачи, в отношении которых знаний для уверенности и справедливости указанных гипотез недостаточно. Характерными этапами экспертизы являются: формирование цели, разработка процедуры экспертизы, формирование группы экспертов, опрос экспертов, анализ и обработка информации. При формулировке цели экспертизы разработчик должен выработать четкое представление о том, кем и для каких целей будут использованы результаты.

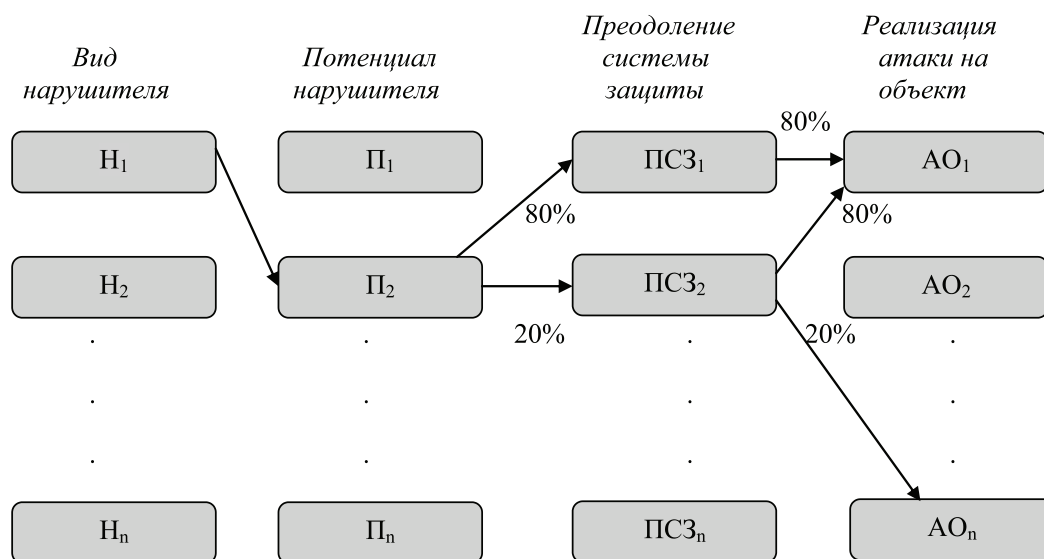


Рис. 3. Обобщённая структура нечеткой когнитивной карты (вариант)

При обработке материалов коллективной экспертной оценки используются методы теории ранговой корреляции согласованности. Для количественной оценки степени согласованности применяется коэффициент конкордации W , который позволяет оценить, насколько согласованы между собой ряды предпочтительности, построенные каждым экспертом. Его значение находится в пределах $0 \leq W \leq 1$, где $W=0$ означает полную противоположность оценок, а $W=1$ – полное совпадение ранжировок. На практике достоверность считается приемлемой, если коэффициент конкордации $W = 0,7 \dots 0,8$.

Для наглядности представления о степени согласованности двух любых экспертов A и B служит коэффициент парной ранговой корреляции ρ , который принимает значения в диапазоне $-1 \leq \rho \leq +1$. Значение $\rho = +1$ соответствует полному совпадению оценок в рангах двух экспертов (полная согласованность мнений двух экспертов), а значение $\rho = -1$ – двум взаимно противоположным ранжировкам важности свойств (мнение одного эксперта противоположно мнению другого).

Целесообразность применения того или иного метода экспертных измерений во многом определяется условиями решаемой задачи и характером анализируемой информации. Если необходимы лишь качественные оценки объектов по качественным признакам, то используются методы ранжирования, парного и множественного сравнения [15]. В целях получения количественных оценок информации применяют статистические методы, методы непосред-

ственных численных оценок или методы фон Неймана – Моргенштерна.

Для оценки и прогнозирования рисков в последние годы широко используется аппарат НКК [10, 22]. НКК представляют собой ориентированный граф из узлов и взвешенных дуг, где узлы – концепты предметной области (например: множество нарушителей, множество способов преодоления системы защиты), а дуги – причинно-следственные связи между ними (например: вероятность наличия определенного вида нарушителей, вероятность реализации атаки и др.). Веса дуг $w_{i,j} \in [-1; +1]$, определяемые на основе экспертных оценок, характеризуют силу и знак влияния концептов друг на друга.

Выделим две основные задачи когнитивного анализа.

Первая задача (*задача 1*) состоит в определении величины проектного риска. С помощью НКК определяют полный эффект влияния совокупности угроз на некоторый ИР системы или же на множество ресурсов КИС. На основе полученных данных затем вычисляют совокупный и остаточный риски [12]. На рис. 3 показан упрощенный вариант НКК, используемой для расчёта величины совокупного риска ИБ активной образовательной организации [11]. В общем случае при расчете риска используют соотношение

$$R_{i,j} = P_i^u \cdot P_{i,j}^v \cdot \Theta_j,$$

где $R_{i,j}$ – риск j -го ресурса по отношению к i -й угрозе; P_i^u – вероятность i -й угрозы;

$P_{i,j}''$ – уязвимость защиты j -го ресурса по отношению к i -й угрозе; Θ_j – ценность j -го ресурса.

Укрупнённый алгоритм решения задачи 1 методом когнитивного анализа включает следующие этапы:

- 1) анализ предметной области;
- 2) постановка задачи когнитивного анализа риска;
- 3) отбор и содержательная характеристика факторов риска;
- 4) идентификация семантической модели риска в виде НКК;
- 5) расчёт совокупного проектного риска;
- 6) модификация НКК с учётом контрмер, направленных на нейтрализацию или диверсификацию риска;
- 7) расчёт остаточного риска;
- 8) обобщение результатов и подготовка рекомендаций.

Вторая задача когнитивного анализа проектного риска заключается в изучении пространства факторов риска и в определении силы влияния каждого фактора (концепта) и их совокупности на величину проектного риска [17, 23].

Решение задачи 2 на основе когнитивного анализа включает следующие действия:

- 1) анализ предметной области;
- 2) постановка задачи когнитивного анализа риска;
- 3) идентификация семантической модели риска в виде НКК;
- 4) определение транзитивно замкнутой когнитивной матрицы;
- 5) расчёт системных показателей (коэффициенты воздействия, показатели консонанса и диссонанса) НКК;
- 6) анализ коэффициентов влияния факторов на механизм формирования рисков;
- 7) обобщение результатов и подготовка рекомендаций.

С переходом к технологии нечёткого когнитивного моделирования открывается возможность уже на ранних этапах проектирования выявлять «критические элементы» в существующей системе управления проектом. С опорой на результаты когнитивного анализа можно выбрать рациональные способы компенсации (или ослабления) воздействия ожидаемых дестабилизирующих факторов за счет рационального использования ресурсов и инновационного потенциала организации и обоснования стратегии оперативного управления проектом на различных стадиях его реализации [23]. Существенными недостатками, ограничивающими применение рассмотренного обобщённого когнитивного подхода к анализу проектных рисков на основе НКК и экспертных оценок, являются трудоёмкость подготов-

ки данных для построения НКК, что обусловлено сложностью процедур извлечения и систематизации экспертных знаний, а также отсутствие специальных механизмов представления динамических процессов, отражающих реакцию ПСЗ (в составе СЗИ) на осуществление конкретной угрозы.

Выводы

1. Многообразие ситуаций неопределённости ограничивает количество методов, которые могут быть использованы в качестве рабочего инструмента анализа проектных рисков. Наиболее перспективным для дальнейшего развития и последующей автоматизации является когнитивный подход, удачно сочетающий в себе возможности метода экспертных оценок и аппарата нечетких когнитивных карт.

2. Переход к технологии когнитивного анализа проектных рисков на основе НКК создаёт предпосылки для формирования унифицированного методического базиса, который необходим для обоснованного учёта факторов различной физической природы, проявляющихся на начальных этапах жизненного цикла СЗИ. Результаты анализа способствуют оперативной корректировке концепции ПСЗ ИР, выбору перспективных проектных решений и обоснованию рациональной стратегии проектирования СЗИ.

3. На основе обобщённого когнитивного подхода к анализу проектных рисков могут быть сформулированы вариативные сетевые задачи анализа факторов риска. Полученная в ходе когнитивного анализа информация о весовом влиянии факторов может служить основанием для выбора мер, направленных на диверсификацию проектного риска, выделение и ослабление его доминирующих компонент через применение вспомогательных процедур защиты или рациональное использование активов СЗИ.

Список литературы

1. СТО Газпром 4.2-3-003-2015. Система обеспечения информационной безопасности ОАО «Газпром». Методика оценки рисков. – М.: ОАО «Газпром», 2015. – 178 с.
2. Астахов А.М. Искусство управления информационными рисками. – М.: ДМК Пресс, 2010. – 312 с.
3. Привалов Н.Г., Козловский А.Н., Петров В.Н. Современный инструментальный количественного анализа и оценки рисков инновационных проектов // Записки горного института. – 2012. – Т. 197. – С. 107–112.
4. Проектирование распределённых вычислительных сетей и телекоммуникаций в сфере образования. Опыт ФГАУ ГНИИ ИТТ «Информика»: коллективная монография / К.В. Казаков, Ю.Л. Ижванов, Д.В. Куракин, Е.Н. Надеждин [и др.]. Под общ. ред. К.В. Казакова и Ю.Л. Ижванова. – М.: ФГАУ ГНИИ ИТТ «Информика», 2015. – 233 с.
5. Орлов С.А. Программная инженерия. Технологии разработки программного обеспечения: учебник для вузов. 5-е изд. обновл. и доп. – СПб.: Питер, 2016. – 640 с.

6. Кокин А.С., Саркисян Л.М. Количественные методы анализа инновационных проектов // Экономика: вчера, сегодня, завтра. – 2014. – № 8–9. – С. 58–70.
7. Канов В.И., Помулев А.А. Управление рисками инновационной деятельности как основа устойчивого экономического развития предприятий // Вестник Томского государственного университета. – 2011. – № 4. – С. 39–48.
8. Паниягина А.Е. Обзор современных методов количественной оценки рисков // Экономика и менеджмент инновационных технологий. – 2014. – № 3. Ч. 1. URL: <http://ekonomika.snauka.ru/2014/03/3966> (дата обращения: 20.02.2018).
9. Моделирование инновационного механизма предприятия с применением нечетких когнитивных карт / Д.В. Ерохин, Д.Г. Лагерева, Е.А. Ларичева, А.Г. Подвесовский // Менеджмент в России и за рубежом. – 2006. – С. 95–111.
10. Силнов В.Б. Принятие стратегических решений в нечеткой обстановке: монография. – М.: ИНПРО-РЕС, 1995. – 228 с.
11. Надеждин Е.Н., Шептуховский В.А. Методика оценивания рисков информационной безопасности в вычислительных сетях образовательных учреждений // Педагогическая информатика. – 2012. – № 4. – С. 84–92.
12. Гузаиров М.Б., Васильев В.И., Кудрявцева Р.Т. Системный анализ информационных рисков с применением нечетких когнитивных карт // Инфокоммуникационные технологии. – 2007. – Т. 5, № 4. – С. 96–101.
13. Надеждин Е.Н., Смирнова Е.Е. Когнитивный анализ механизма формирования экономической компетентности выпускника университета // Современные проблемы науки и образования. – 2016. – № 2.; URL: <http://www.science-education.ru/article/view?id=24174> (дата обращения: 10.03.2018).
14. Ильичев А.В. Эффективность проектируемых элементов сложных систем / А.В. Ильичев, В.Д. Волков, В.А. Грушанский. – М.: Высшая школа, 1982. – 280 с.
15. Надеждин Е.Н., Забелин Д.А. Методика многокритериальной экспертной оценки и ранжирования конкурирующих проектов // Eurasian Union of Scientists (Евразийский Союз Ученых). – 2014. – № 8. (Технические науки). Часть 8. – С. 85–89.
16. Липаев В.В. Проектирование и производство сложных заказных программных продуктов: монография. – М.: СИНТЕГ, 2011. – 408 с.
17. Надеждин Е.Н. Нечеткая когнитивная модель механизма обеспечения конкурентоспособности программного продукта // Austrian Journal of Technical and Natural Sciences. Scientific Journal. – 2016 (January–February). – № 1–2. – P. 13–19.
18. Волков И.М., Грачева М.В. Проектный анализ: Продвинутый курс: учебное пособие. – М.: Инфра-М, 2004. – 495 с.
19. Анфилов В.С., Емельянов А.А., Кукушкин А.А. Системный анализ в управлении. – М.: Финансы и статистика, 2005. – 368 с.
20. Зуб А.Т. Управление проектами: учебник и практикум для академического бакалавриата. – М.: Изд-во «Юрайт», 2014. – 422 с.
21. Советов Б.Я., Яковлев С.А. Моделирование систем: учеб. для вузов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 2001. – 343 с.
22. Строкова Л.А. Использование нечетких когнитивных карт при разработке расчетных моделей оснований // Известия Томского политехнического университета. – 2009. – Т. 314, № 5. – С. 95–100.
23. Надеждин Е.Н., Коновалов Р.В. Когнитивный подход к оценке конкурентоспособности инновационных проектов информационно-телекоммуникационных систем // Научный альманах. – 2015. – № 11–3 (13). – С. 307–311.

УДК 004.622

ТЕХНОЛОГИИ BIG DATA В АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ

Паскова А.А.

ФБГОУ ВО «Майкопский государственный технологический университет», Майкоп,
e-mail: passann@mail.ru

Сегодня компании нацелены на улучшение взаимодействия сотрудников на предприятии, максимизацию доходов от существующих активов и уменьшение операционных расходов. Поэтому возможность подключения к сети станет основополагающей для нового поколения производителей, а технологии для анализа «больших данных» (Big Data) – еще более востребованными. Промышленные предприятия постоянно сталкиваются с необходимостью обработки данных, которые в большом объеме поступают с заводов или других объектов. На производстве ценная информация зачастую рассредоточена по нескольким базам данных, приложениям корпоративного уровня и операционным системам и представлена в разных форматах. При отсутствии единой целенаправленной стратегии обработки информации сотрудникам завода и администрации сложно плодотворно взаимодействовать друг с другом и принимать эффективные решения. В статье рассматриваются основные подходы и методы обработки структурированных и неструктурированных данных огромных объемов, понятие и составляющие «цифрового производства», практические аспекты использования технологий Big Data в автоматизации технологических и бизнес – процессов и их внедрение в процесс автоматизации. Приведены примеры эффективного применения технологий Big Data в отечественную и зарубежную промышленность.

Ключевые слова: технологии Big Data, информация, «цифровое» производство, автоматизация технологических и бизнес – процессов

BIG DATA TECHNOLOGIES IN THE AUTOMATION TECHNOLOGICAL AND BUSINESS PROCESSES

Paskova A.A.

Maykop State Technological University, Maikop, e-mail: passann@mail.ru

Today, companies are aimed at improving the interaction of employees in the enterprise, maximizing revenues from existing assets and reducing operating costs. Therefore, the ability to connect to the network will be fundamental for the new generation of manufacturers, and the technology for the analysis of «big data» – even more popular. Industrial enterprises are constantly faced with the need to process data that comes in large amounts from factories or other facilities. In production, valuable information is often spread across multiple databases, enterprise applications, and operating systems, and is presented in a variety of formats. In the absence of a single targeted information processing strategy, it is difficult for plant and administration employees to interact with each other and make effective decisions. The article discusses the main approaches and methods of processing of structured and unstructured data of huge volumes, the concept and components of «digital production», practical aspects of the use of Big Data technologies in the automation of technological and business processes and their implementation in the process of automation. Examples of effective application of Big Data technologies in domestic and foreign industry are given.

Keywords: Big Data technologies, information, «digital production», automation of technological and business processes

Переход к «цифровому производству» и технологическое развитие на основе цифровых технологий – это основа глобальной конкурентоспособности современных предприятий. Ранее под термином «цифровое производство» понимали набор прикладных систем, которые в основном использовались на этапе технологической подготовки производства, а именно: для автоматизации процессов разработки программ для станков с ЧПУ, для автоматизации разработки технологических процессов для сборки, для автоматизации задач, связанных с планированием рабочих мест при программировании роботов, и для интеграции с системами цехового уровня (или системами MES, Manufacturing Execution System) и системами управления ресурса-

ми ERP. В последние годы, в связи с появлением новых прорывных технологий, этот термин получил более широкую трактовку. И сегодня под «цифровым производством» понимается, прежде всего, использование технологий цифрового моделирования и проектирования как самих продуктов и изделий, так и производственных процессов на всем протяжении жизненного цикла. По сути, речь идет о создании цифровых двойников продукта и процессов его производства.

Цель исследования: исследование процесса автоматизации технологических и бизнес – процессов с использованием технологий Big Data, определение основных этапов внедрения технологий Big Data в автоматизацию технологических и бизнес –

процессов, анализ опыта внедрения технологий «больших данных» на современных промышленных предприятиях.

Материалы и методы исследования

Специалисты полагают, что изменения в современной промышленности (часть из них происходит уже сейчас), которые «цифровое производство» подразумевает, будут происходить по следующим ключевым направлениям:

- Цифровое моделирование – развитие получает концепция цифрового двойника, то есть изготовление изделия в виртуальной модели, включающей в себя оборудование, производственный процесс и персонал предприятия.

- «Большие данные» (Big Data) и бизнес-аналитика, которые возникают в процессе производства.

- Автономные роботы, которые получают большую промышленную функциональность, независимость, гибкость и исполнительность по сравнению с предыдущим поколением.

- Горизонтальная и вертикальная интеграция систем – большая часть из огромного количества использующихся в настоящее время информационных систем интегрировано, но необходимо наладить более тесное взаимодействие на различных уровнях внутри предприятия, а также между различными предприятиями.

- Промышленный Интернет вещей, когда поступающая с производства информация с большого количества датчиков и оборудования объединяется в единую сеть.

Один из признаков «цифрового производства» – наличие системы интеллектуального управления, то есть возможность плотной интеграции имеющегося технологического оборудования и получение широкого объема информации о технологическом процессе из любой точки производственной экосистемы [1].

Сегодня данные – одна из важнейших составляющих жизни общества и каждого человека. Современный этап развития общества характеризуется постоянным увеличением объема данных. Данные поступают из множества различных источников, это данные GPS-навигаторов, спутников, интернет-запросов, социальных сетей, данные, получаемые из IoT (Internet of Things, Интернет вещей). Структура и состав этих данных зачастую не определены.

Big Data (большие данные) обладают следующими свойствами: огромные размеры, разнородность и неупорядоченность, требуют быстрой обработки. Технологии Big Data – это совокупность инструментов,

подходов и методов обработки как структурированных, так и неструктурированных данных огромного размера для дальнейшего их использования.

К основным технологиям и инструментам Big Data относятся:

- Hadoop & MapReduce;

- NoSQL базы данных;

- углубленная аналитика (статистика, предиктивная аналитика и Data Mining, лингвистическая обработка текстов);

- инструменты класса Data Discovery.

Практическая реализация технологий Big Data – это современные нейронные сети и производные на их основе системы, например системы распознавания образов, имитационное моделирование, машинное обучение, прогнозная аналитика. Широкое распространение технологии Big Data получили в банковском секторе, сфере телекоммуникаций, промышленности, здравоохранении, энергетике, страховании и торговле. В крупной промышленности уже много лет осуществляется сбор огромного количества данных для улучшения качества продукции и повышения эффективности производства [2].

Основными материалами для исследований предметной области являются: выборка научных и профессиональных работ отечественных авторов в области технологий Big Data, обработки огромных массивов данных, интернет-ресурсы по изучаемому вопросу.

Методами исследования являются сравнительный и системный анализ, логический подход.

Результаты исследования и их обсуждение

Технологически функционирование высокоавтоматизированного (в том числе с широким использованием промышленной робототехники) цифрового предприятия обобщенно выглядит следующим образом. С помощью технологий Интернета вещей в физическом пространстве собираются огромные массивы информации, которые отправляются в киберпространство, где анализируются с привлечением искусственного интеллекта. Результаты этого анализа возвращаются обратно в физическое измерение, и здесь уже на их основе принимаются управленческие решения.

Технологии Big Data позволяют автоматизировать технологические и бизнес-процессы, что приводит к повышению скорости реакции бизнеса на внешние и внутренние возмущения. Экономический эффект достигается за счет повышения прозрачности процессов, улучшения

качества планирования, внедрения повсеместного управления по отклонениям (или по целям), повышения оперативности определения причин отклонений, постоянным нормированием и стандартизацией лучших практик. Внедрение Big Data имеет вполне конкретную цель – реализация динамической модели управления бизнесом, которая обеспечивает быструю реакцию бизнеса на внешние и внутренние возмущения. Если в системе происходят возмущения, будь то нестабильность в сбыте, вариации в производстве, отклонения в снабжении, адаптивная модель управления бизнесом позволяет быстро «перенастроиться» в соответствии с лучшей стратегией, что обеспечивает ему кардинальное повышение конкурентоспособности. Более того, адаптивная модель управления бизнесом использует нестабильности, вариации, отклонения для постоянного улучшения структуры и параметров бизнеса [3].

Общая схема применения технологий Big Data в процессе автоматизации технологических и бизнес – процессов на предприятии приведена на рисунке.

Производители устанавливают датчики на ключевые части оборудования для сбора информации в режиме реального времени. Полученные и обработанные данные

отправляются во все подразделения предприятия для обеспечения взаимодействия между структурными подразделениями и принятия соответствующих управленческих решений.

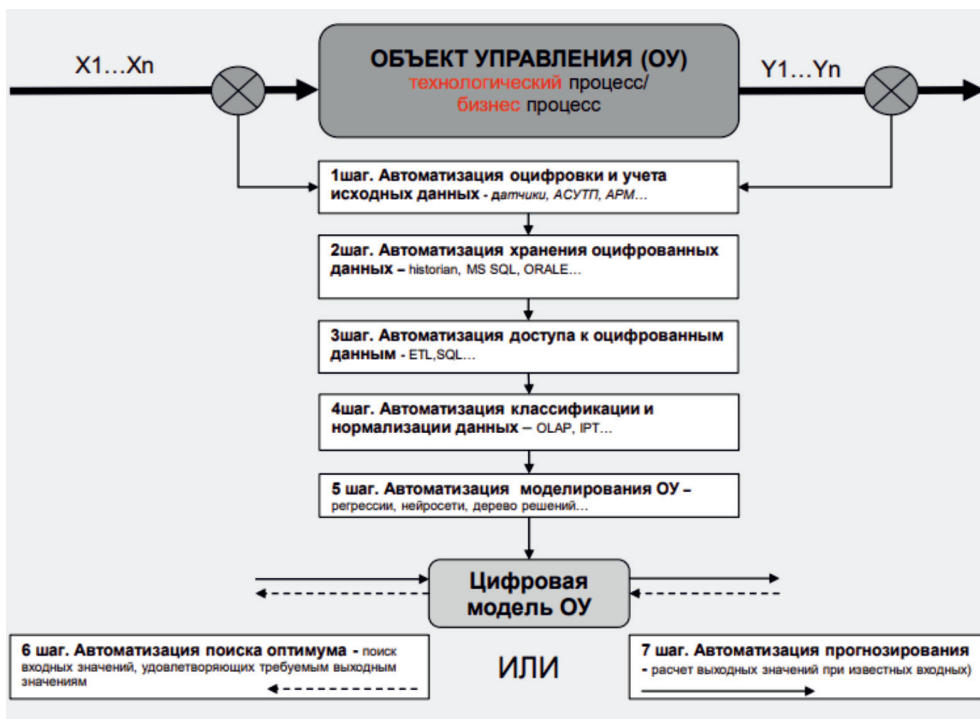
Эту информацию можно использовать для улучшения сервисного обслуживания (предотвращение простоев, поломок оборудования), для создания целевых маркетинговых предложений [4].

Непрерывный мониторинг ключевых показателей дает возможность определить проблему и принять необходимые меры для ее решения. Современные системы позволяют наблюдать за технологическим процессом и выявлять влияющие на него факторы с помощью любого Web-браузера. Такие решения позволяют превратить производственные данные в информацию, необходимую для эффективного управления предприятием [2].

В качестве основных этапов внедрения технологий Big Data в автоматизацию технологических и бизнес – процессов можно назвать следующие:

Извлечение данных из источников (большая часть данных генерируется на уровне датчиков, АСУТП, MES, ERP).

Хранение данных (соответствующее хранилище данных, не зависящее от производственных серверов).



Обработка данных (нормализация данных для того, чтобы впоследствии можно было применять инструменты «гибкой аналитики», статистического контроля и анализа, цифрового моделирования).

Анализ данных. «Гибкая аналитика» позволяет с помощью мастеров самостоятельно просто и быстро организовать для себя клиент-ориентированную аналитику. То есть любой обученный работник настраивает для себя ту отчетность, которая ему необходима для работы: отчеты, графики, гистограммы, регрессии, карты Шухарта. Тем самым, кардинально повышается эффективность анализа данных в бизнесе.

Цифровое моделирование позволяет найти «цифровые двойники» не только технологических объектов, но и бизнес – процессов. Когда у специалиста есть «цифровой двойник», он может оперативно найти наилучшие нормы, технологические режимы, процедуры, регламенты. Кроме того, «цифровые двойники» позволяют реализовать сквозное оперативное планирование потока создания ценности в соответствии со стратегическими целями, что обеспечивает как оперативную синхронизацию объектов потока, так их и оптимизацию.

Оптимизация.

Прогнозирование.

Технологии Big Data в качестве ключевого компонента промышленного Интернета вещей уже широко используются на многих предприятиях в России и за рубежом, позволяя работникам улучшить уже имеющиеся навыки, а предприятию функционировать более эффективно.

Приведем несколько примеров использования технологий Big Data на промышленных предприятиях.

ThyssenKrupp AG, один из ведущих мировых производителей лифтов, внедрила систему MAX, которая через Интернет вещей собирает данные от датчиков, установленных в лифтах компании, и по ним строит модели на платформе Azure Machine Learning, позволяющие предупредить инцидент до его возникновения и передать технику конкретный код поломки для сокращения времени обслуживания.

Компания General Electric Oil & Gas, занимающаяся производством высокотехнологичного оборудования для нефтегазового сектора, использует Big Data для минимизации времени незапланированной остановки нефтедобычи.

Используя данные по продажам за предыдущие периоды и оптимизационные алгоритмы, компания Nestlé с помощью технологий анализа больших данных осуществляет оптимизацию производственной

цепочки, это позволяет снизить ошибки при прогнозировании спроса на материалы в два раза, также снижаются убытки от хранения избыточных оборотных средств, от задержек в производстве и т.д.

Каждый компьютерный компонент, производимый компанией Intel, перед выходом на рынок должен пройти примерно 19000 различных тестов. Использование технологий Big Data позволяет на основе анализа данных по всему производственному процессу оставить только часть этих проверок, соответственно, уменьшается время тестирования компонентов и затраты на него.

В России технологии Big Data тоже находят применение. На Магнитогорском металлургическом комбинате был внедрен сервис от Yandex Data Factory – «Снайпер», предназначенный для оптимизации технологического процесса производства стали. Платформа обрабатывает параметры плавки, а затем выдает соответствующие рекомендации. Специалисты ММК считают, что это приводит к существенной экономии, кроме того, подобная технология может найти применение в целлюлозно-бумажной и химической промышленности [5].

«Газпромнефть» использует технологии Big Data для выявления причин сбоя автоматического перезапуска насосов после аварийного отключения электропитания. Для анализа использовались более 200 млн записей с контроллеров систем управления около 1500 скважин и в результате были созданы визуализированные модели цепочек событий, влияющие на работу насосов и карты вероятностного распределения причинно-следственных связей [6].

Внедрение платформы SAP HANA для ведения бизнеса в режиме реального времени позволило «Сургутнефтегаз» автоматизировать учет продукции, осуществлять расчет скользящих цен онлайн, что привело к значительному увеличению эффективности бизнес-процессов.

На нефтеперерабатывающих заводах Антипинска и Ильска были установлены распределенные системы управления для автоматизации производственных процессов, позволяющие безопасно осуществлять технологический процесс, повышать качество продукции и улучшать эффективность производства [4].

Применение Big Data имеет и ряд проблем. Основной являются затраты на обработку данных, включающие в себя дорогостоящее оборудование и расходы на заработную плату квалифицированным специалистам, способным обслуживать огромные массивы информации. Второй проблемой является предвзятость. Если

исследование дает не 2–3, а многочисленное количество результатов, очень сложно остаться объективным и выделить из общего потока данных только те, которые окажут реальное влияние на состояние какого-либо явления. Третья проблема – это защита Big Data. Методологии по защите информационных систем классической трёхзвенной архитектуры оказываются неприменимы к новым технологиям. Возникает потребность в создании и подготовке нового класса специалистов по безопасности Big Data [7].

Выводы

Технологии Big Data сейчас – это уже вполне реально работающий набор технологий, используемых практически во всех сферах человеческой деятельности и обладающих большим потенциалом для дальнейшего развития.

К сожалению, пока, по мнению специалистов, Россия отстает в применении технологий Big Data от ведущих стран мира примерно на 3–5 лет. Причинами такого отставания являются низкий уровень автоматизации, разрозненность собираемых данных, недостаточное количество реальных проектов. Технологии, используемые на Западе, не всегда можно приспособить к российским реалиям. Кроме того, ощущается очевидная нехватка специалистов по Big Data.

Для внедрения технологий Big Data требуется не только техническое сопровождение, но и организационное. Первое подразумевает организацию извлечения данных, хранилища данных, унифицированных АРМ для анализа, цифрового моделирования, оптимизации и прогнози-

рования. Второе направление потребует формирования соответствующих квалификаций в бизнесе по Big Data. Необходимы специалисты с новыми квалификациями «инженеры по данным», «data scientist» для моделирования, оптимизации и прогнозирования. Кроме того, потребуется обучение Big Data технологов, планировщиков, менеджеров из бизнеса.

Тем не менее потенциал российского рынка больших данных огромен, и в ближайшие годы темпы его развития будут в разы выше, чем на глобальном рынке.

Список литературы

1. Цифровизация в производстве с помощью 4.0 // Вовремя: ру [Электронный ресурс]. – URL: <http://vo-vremya.ru/stati/malyj-biznes/cifrovizaciya-v-proizvodstve-s-pomoshhyu-4-0/> (дата обращения: 20.05.2018).
2. Сухарева А. «Большие данные» на службе у большой промышленности [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.computerra.ru/182483/industry-bigdata/> (дата обращения: 15.03.2018).
3. Турусов С. «Big data» в массовом производстве [Электронный ресурс]. – URL: http://ssman.ru/site/pers_trening/media/Tursov%20CDO%20-%20big%20data.pdf (дата обращения: 17.05.2018).
4. Зенкевич А. Big data в промышленности: как обеспечить максимальную выгоду от инноваций? // CRN/RE («ИТ-бизнес») [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.crn.ru/news/detail.php?ID=117807> (дата обращения: 18.04.2018).
5. «Яндекс» внедрил технологию Big Data в производство стали // Servernews [Электронный ресурс]. – URL: <https://servernews.ru/936104> (дата обращения: 17.05.2018).
6. Хасанов М.М., Прокофьев Д.О., Урмаев О.С., Белозеров Б.В., Гильманов Р.Р., Маргарит А.С. Перспективные технологии BIG DATA в нефтяном инжиниринге: опыт компании «ГАЗПРОМ НЕФТЬ» [Электронный ресурс]. – URL: <http://ntc.gazprom-neft.ru/research-and-development/papers/13596/> (дата обращения: 20.04.2018).
7. Big Data и информационная безопасность // SecureNews [Электронный ресурс]. – URL: https://securenews.ru/big_data/ (дата обращения: 18.03.2018).

УДК 004.65

ВЫБОР СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ВЗАИМООТНОШЕНИЯМИ С КЛИЕНТАМИ В КОНТАКТ-ЦЕНТРЕ

Севостьянова И.О., Курзаева Л.В.

ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»,
Магниторск, e-mail: lkurzaeva@mail.ru

Клиентоориентированный подход современных бизнес-структур обуславливает интерес к внедрению систем управления взаимоотношениями с клиентами (CRM). Эффективность работы контакт-центра напрямую связана с числом привлеченных клиентов и качественной обработкой вызовов, то есть количество принятых вызовов должно быть максимальным, а потерянных – минимальным. Поэтому для контакт-центра очень важно отслеживать число вызовов и время простоя операторов. Большинство предлагаемых на рынке автоматизированных систем управления взаимоотношениями с клиентами для контакт-центров имеют схожие возможности автоматизации процессов: набор номера, поднятие трубки, отправка сообщений, проговаривание записанного сообщения и т.д.; автоматическая отчетность, которая включает в себя отчеты по аналитике работы операторов и звонков; удаленное управление операторами; отслеживание работы операторов; прослушивание разговоров операторов, как в любое время, так и в реальном режиме. Однако это не облегчает задачу выбора. В рамках настоящей статьи предложено сравнение на основе метода анализа иерархий таких средств, как Oktell, VoIPTime, Naumen, Infinity. В качестве критериев выбраны: интеллектуальная настройка диалоговых сценариев; использование различных платформ; квотирование при опросе; модуль генератора отчетов и статистики. Статья будет полезна специалистам по внедрению, а также техническому персоналу контакт- и колл-центров.

Ключевые слова: автоматизация, системы управления взаимоотношениями с клиентами

SELECTION TOOLS AUTOMATION CUSTOMER RELATIONSHIP MANAGEMENT CONTACT CENTER

Sevostyanova I.O., Kurzaeva L.V.

Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, e-mail: lkurzaeva@mail.ru

The client-oriented approach of modern business structures causes interest in the introduction of customer relationship management systems (CRM). The effectiveness of the contact center with limited liability and quality processing, that is, the amount of required should be maximum, and the lost – minimum. Therefore, it is very important for the contact center to monitor the number of communications and the number of times the operators are idle. Most of the numbers on the market of automated customer relationship management systems for contact centers have similar opportunities for automation of processes: dialing, picking up the pipe, sending messages, speaking the recorded message, etc.; automatic reporting, which includes reports on the analysis of the work of operators and calls; remote control; monitoring of the work of operators; listen to the conversations of operators, either at any time or in real mode. However, this does not alleviate the problem of choice. In this article we offer a comparison based on the method of analyzing hierarchies of such tools as Oktell, VoIPTime, Naumen, Infinity. The following criteria were chosen as criteria: intelligent configuration of dialog scenarios; use of various platforms; quoting for polling; module of the report and statistics generator. The article will be useful for specialists in the implementation, as well as for technical staff of contact and call centers.

Keywords: automation, customer relationship management systems

В современном мире наблюдается высокая конкуренция в бизнес-среде. Большинство компаний уходят от массового производства к клиентоориентированным подходам, путем улучшения сервиса и культуры обслуживания с помощью персонального взаимодействия с клиентами. Для того чтобы компания могла вести конкурентную борьбу, она должна не только привлекать новых клиентов, но и иметь возможность удержать уже существующих. Одним из инструментов организации персонального контакта с клиентом является колл- или контакт-центр.

Услуги контакт-центров востребованы организациями и компаниями, которым необходимо обрабатывать большое количе-

ство звонков, например таким, как экстренные службы, служба поддержки клиентов, диспетчерские службы, службы доставки, службы бронирования билетов и др. Успешное функционирование контакт-центра зависит от эффективно организованной работы компании. Высокий уровень обслуживания клиентов является основным инструментом для вывода компании на высококонкурентные рынки. Для поддержания контакт-центра на высоком уровне необходимо иметь все собранные данные о клиентах и иметь возможность проанализировать работу операторов. Автоматизация – ключ к подобному управлению взаимодействием с клиентами. Сегодня существует уже множество автоматизированных систем

для управления взаимоотношениями с клиентами контакт-центров, каждая компания сможет подобрать подходящее именно для нее программное обеспечение. Для средних и крупных компаний современный рынок предлагает большой выбор современных систем автоматизации.

Цель исследования: обзор и сравнительный анализ средств автоматизированных систем для управления взаимоотношениями с клиентами контакт-центров.

Материалы и методы исследования

Основным методом исследования является метод анализа иерархий Т. Саати, предполагающий выбор на основе выделения критериев и попарного сравнения альтернатив [1, 2].

Рассмотрим наиболее популярные автоматизированные системы управления взаимоотношениями с клиентами в контакт-центре.

1. Oktell – это коммуникационная платформа, которая в зависимости от специфики компании предоставляет свои решения. Oktell имеет все возможности телефонных коммуникаций и интегрируется во все бизнес-процессы компании. Oktell является российской системой, принадлежащей ООО «Телефонные системы». Система Oktell обладает следующими основными возможностями: создание IVR-сценариев; совершение и прием звонков; создание сценариев разговора, с помощью графического редактора; запись разговоров; интеллектуальное распределение вызовов по операторам (с учётом навыков, занятости); распознавание и синтез речи; контроль качества обслуживания; взаимодействие с внешними системами и базами данных; разные типы обзвон (прогрессивный и предиктивный); системные и пользовательские отчеты [3].

2. VoIPTime – программное обеспечение для организации и модернизации контакт-центров в каждой сфере. VoIPTime Contact Center разработан украинской компанией VoIPTime в 2009 г. Система VoIPTime обладает следующими основными возможностями: автоматизированные IVR-сценарии; возможность sms-рассылки; статистические отчеты; запись разговоров; обработка всех видов обращений (входящие и исходящие звонки, e-mail) в едином интерфейсе; интеллектуальное распределение вызовов по операторам (с учётом навыков, занятости); несколько типов обзвона (прогрессивный, предиктивный, предварительный просмотр); планирование рабочего графика; прослушивание активных разговоров в 3 режимах (прослушивание, суфлирование, конференции) [4].

3. Naumen Contact Center – программное решение для организации крупных и средних контакт-центров. Naumen Contact Center разработан екатеринбургской компанией NAUMEN. Система Naumen обладает следующими основными возможностями: автоматический обзвон клиентов; создание IVR-сценариев; контроль работы операторов; графическое создание сценариев диалога; большое количество отчетов (количество вызовов в очереди, среднее время ожидания, средняя продолжительность разговора, загруженность операторов и линий и т.п.); интеграция с внешними системами; запись разговоров; интеллектуальное распределение вызовов по операторам (с учётом навыков, занятости) [5].

4. Infinity – программа, которая позволяет контролировать и повышает эффективность работы операторов. Infinity разработана компанией ИнтелТелеком – ведущим разработчиком решений для автоматизации обработки вызовов. Система Infinity обладает следующими основными возможностями: распределение звонков и очереди ожидания; запись разговоров; обработка входящих вызовов; интеллектуальное распределение вызовов по операторам (с учётом навыков, занятости); большое количество автоматизированных отчетов; интеграция с внешними системами; создание IVR-сценариев [6].

Критерии, влияющие на принятие решений о выборе системы: 1) интеллектуальная настройка диалоговых сценариев позволяет анализировать вносимые в диалоговое окно данные и автоматически определять, какую форму открыть следующей; 2) использование различных платформ – критерий оценивания адаптации системы под различные операционные системы (Windows, Linux); 3) квотирование при опросе позволяет в процессе работы без дополнительных разработок устанавливать количество квот по проекту; 4) модуль генератора отчетов и статистики позволяет формировать статистические отчеты по операторам, трафику, проектам и создавать собственные отчеты.

Альтернативы: Oktell, VoIPTime, Naumen, Infinity.

Для сравнения систем по методу анализа иерархий используются следующие формулы:

1. Средняя геометрическая:

$$a_m = \sqrt[n]{\text{произведение элементов } m \text{ строки}}, \quad (1)$$

где m – строка, а n – количество критериев.

2. Сумма средних геометрических:

$$\sum a_i = a_1 + a_2 + a_3 + \dots + a_n. \quad (2)$$

3. Компоненты нормализованного вектора приоритетов (НВП):

$$q_i = \frac{a_i}{\sum a} \quad (3)$$

Числа q_1, q_2, q_3, q_4 являются компонентами вектора приоритетов критериев.

4. Проверка согласованности локальных приоритетов путем расчета трех характеристик:

а) собственного значения матрицы:

$$\lambda_{\max} = \text{сумма элементов 1 столбца} \cdot q_1 + \dots + \text{сумма элементов } n \text{ столбца} \cdot q_n; \quad (4)$$

б) индекс согласованности:

$$\text{ИС} = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}; \quad (5)$$

в) отношение согласованности:

$$\text{ОС} = \frac{\text{ИС}}{\text{ПСС}}, \quad (6)$$

где ПСС – значение показателя случайной согласованности (ПСС) зависит от размера матрицы (в данной задаче ПСС=0,9).

5. Общий критерий (приоритет) для каждого варианта:

$K(B_i)$ = оценка B_i по 1-му критерию * 1-й компонент НВП + оценка B_i по 2-му критерию * 2-й компонент НВП + ... + оценка B_i по n -му критерию * n -й компонент НВП. (7)

6. Обобщенный индекс согласования:

$$\text{ОИС} = \text{ИС}_1 * 1\text{-й компонент НВП} + \text{ИС}_2 * 2\text{-й компонент НВП} + \dots + \text{ИС}_n * n\text{-й компонент НВП} \quad (8)$$

7. Обобщенное отношение согласованности:

$$\text{ООС} = \text{ОИС} / \text{ОПСС}, \quad (9)$$

где ОПСС определяется по уровню ПСС (показателя случайной согласованности) для матриц сравнения вариантов по критериям.

Сравнив критерии по важности (9-балльной шкале) с составлением соответствующей матрицы, получили табл. 1, где равная важность – 1; умеренное превосходство – 3; значительное превосходство – 5; сильное превосходство – 7; очень сильное превосходство – 9; в промежуточных случаях ставятся четные оценки: 2, 4, 6, 8 (например, 4 – между умеренным и значительным превосходством).

Таблица 1

Сравнение критериев

	Интеллектуальная настройка диалоговых сценариев	Использование различных платформ	Квотирование при опросе	Модуль генератора отчетов и статистики	Среднее геометрич. a_m (по формуле 1)	НВП q_i (по формуле 3)
Интеллектуальная настройка диалоговых сценариев	1	3	7	5	3,2	0,56
Использование различных платформ	1/3	1	5	3	1,49	0,26
Квотирование при опросе	1/7	1/5	1	1/3	0,31	0,05
Модуль генератора отчетов и статистики	1/5	1/3	3	1	0,67	0,12
Итого (по формуле 2)					5,67	

Собственного значения матрицы $\lambda_{\max}$ (по формуле 4): 4.03

Индекс согласованности ИС (по формуле 5): 0,01

Отношение согласованности ОС (по формуле 6): 0,011

По итогу сравнения критериев по 9-балльной шкале критерий интеллектуальной настройки диалоговых сценариев является более значимым по сравнению с другими.

Так как $OC \leq 10-15\%$, то оценки в матрице считаются согласованными.

На следующем этапе произведено сравнение систем по заданным критериям.

1. Матрицы попарных сравнений и приоритетов альтернатив по критерию Интеллектуальная настройка диалоговых сценариев представлены в табл. 2.

Таблица 2

Сравнение вариантов по критерию Интеллектуальная настройка диалоговых сценариев

Интеллектуальная настройка диалоговых сценариев	Oktell	VoIPTime	Naumen	Infinity	Среднее геометрическое a_m (формула 1)	НВП q_i (по формуле 3)
Oktell	1	9	7	9	4,88	0,69
VoIPTime	1/9	1	1/3	1	0,44	0,06
Naumen	1/7	3	1	3	1,28	0,18
Infinity	1/9	1	1/3	1	0,44	0,06
Итого (по формуле 2)					7,04	

Собственного значения матрицы $\lambda_{\max}$ (по формуле 4): 4,18

Индекс согласованности ИС (по формуле 5): 0,06

Отношение согласованности ОС (по формуле 6): 0,06

Интеллектуальная настройка диалоговых сценариев анализирует вносимые в диалоговое окно данные и автоматически определяет, какую форму открыть следующей. Данная функция позволяет повысить гибкость общения с клиентом, что гарантирует быстрое реагирование на нестандартные ситуации. Функция настройки диалоговых сценариев присутствует во всех описанных системах, причем в системе Naumen присутствуют многокритериальные условия переходов между формами сценария диалога. Но интеллектуальная настройка диалоговых сценариев присутствует только в системе Oktell.

Так как $OC \leq 10-15\%$, то оценки в матрице считаются согласованными.

2. Матрицы попарных сравнений и приоритетов альтернатив по критерию Использование различных платформ (табл. 3).

Таблица 3

Сравнение вариантов по критерию Использование различных платформ

Использование различных платформ	Oktell	VoIPTime	Naumen	Infinity	Среднее геометрическое a_m (формула 1)	НВП q_i (по формуле 3)
Oktell	1	2	1/7	3	0,96	0,15
VoIPTime	1/2	1	1/7	3	0,68	0,1
Naumen	7	7	1	9	4,58	0,7
Infinity	1/3	1/3	1/9	1	0,33	0,05
Итого (по формуле 2)					6,55	

Собственного значения матрицы $\lambda_{\max}$ (по формуле 4): 4,12

Индекс согласованности ИС (по формуле 5): 0,04

Отношение согласованности ОС (по формуле 6): 0,04

Системы Oktell и VoIPTime используют веб-платформу для отслеживания звонков, а для осуществления звонков на компьютере устанавливается клиентское приложение соответствующих систем. Клиентское приложение Oktell устанавливается на компьютер, на котором установлена операционная система (ОС) Windows, а приложение VoIPTime работает на компьютере с ОС Linux. Система Infinity работает под ОС Windows и имеет как приложение для администратора, так и для оператора. Система Naumen имеет веб-приложения для администратора и клиентское приложение для оператора, которое позволяет осуществлять звонки и работает под ОС как Linux, так и Windows.

Так как $OC \leq 10-15\%$, то оценки в матрице считаются согласованными.

3. Сравнение матрицы попарных сравнений и приоритетов альтернатив по критерию Квотирование при опросе (табл. 4).

Таблица 4

Сравнение вариантов по критерию Квотирование при опросе

Квотирование при опросе	Oktell	VoIPTime	Naumen	Infinity	Среднее геометрическое a_m (формула 1)	НВП q_i (по формуле 3)
Oktell	1	9	1	9	3	0,45
VoIPTime	1/9	1	1/9	1	0,33	0,05
Naumen	1	9	1	9	3	0,45
Infinity	1/9	1	1/9	1	0,33	0,05
Итого (по формуле 2)					6,66	

Собственного значения матрицы $\lambda_{\max}$ (по формуле 4): 4

Индекс согласованности ИС (по формуле 5): 0

Отношение согласованности ОС (по формуле 6): 0

Квотирование – ограничение, лимит при опросе в исходящем обзвоне. Возможность квотирования при опросе реализовано не во всех автоматизированных системах для контакт-центром, хотя данная возможность является важной для опросов. Ограничение квот реализовано в системе Oktell и Naumen.

Так как $ОС \leq 10-15\%$, то оценки в матрице считаются согласованными.

4. Матрицы попарных сравнений и приоритетов альтернатив по критерию Модуль генератора отчетов и статистики (табл. 5).

Таблица 5

Сравнение вариантов по критерию Модуль генератора отчетов и статистики

Модуль генератора отчетов и статистики	Oktell	VoIPTime	Naumen	Infinity	Среднее геометрическое a_m (формула 1)	НВП q_i (по формуле 3)
Oktell	1	5	3	3	2,59	0,5
VoIPTime	1/5	1	1/5	1/3	0,34	0,06
Naumen	1/3	5	1	3	1,49	0,29
Infinity	1/3	3	1/3	1	0,76	0,14
Итого (по формуле 2)					5,18	

Собственного значения матрицы $\lambda_{\max}$ (по формуле 4): 4,11

Индекс согласованности ИС (по формуле 5): 0,036

Отношение согласованности ОС (по формуле 6): 0,04

Системы взаимоотношений с клиентами в контакт-центрах содержат в себе модуль отчетов и статистики, которые позволяют получать информацию о контакт-центре, как в реальном времени, так и собранные статистические данные. В системах имеются как стандартные отчеты, так и пользовательские отчеты, которые самостоятельно настраиваются, с помощью SQL-запросов. Система Oktell имеет наибольшее количество стандартных отчетов, которые позволяют наблюдать за изменениями, анализировать и сравнивать полученные данные, рассматривая их суммарно или фильтруя по заданным параметрам: времени, операторам или задачам.

Так как $ОС \leq 10-15\%$, то оценки в матрице считаются согласованными.

Сравнив альтернативы по заданным критериям, необходимо произвести расчет итоговых значений коэффициентов значимости каждого подхода к оценке (табл. 6).

Таблица 6

Расчет итоговых значений приоритетов

	интеллектуальное распределение вызовов	использование различных платформ	квотирование при опросе	модуль генератора отчетов и статистики	Итоговые значения приоритетов (по формуле 7)
Oktell	0,69	0,15	0,45	0,5	0,5
VoIPTime	0,06	0,1	0,05	0,06	0,066
Naumen	0,18	0,7	0,45	0,06	0,3
Infinity	0,06	0,05	0,05	0,14	0,069
НВП	0,56	0,26	0,05	0,12	
ИС	0,06	0,04	0	0,036	0,93
ОИС (по формуле 8)	0,044				
ОИС (по формуле 9)	0,048				

Рассмотренный подход к выбору систем управления взаимоотношениями с клиентами контакт- и колл-центров удобен и позволяет рассмотреть альтернативы с позиций различных критериев, предварительно оценив их веса. Система выделенных критериев может быть расширена и детализирована, введены и оценены неосознаваемые факторы [7, 8]. В рамках же поставленной задачи произведенное сравнение альтернатив показало, что наиболее полно выделенным критериям отвечает система Oktell, при этом наиболее весомым критерием является Интеллектуальная настройка диалоговых сценариев.

Заключение

В заключении хотелось бы отметить, что произведенный анализ свидетельствует не только о предпочтениях в выборе автоматизированных систем, но и позволяет определить пути их дальнейшего совершенствования, например разработки алгоритмов сегментирования клиентской базы на основе методов интеллектуального анализа данных.

Список литературы

1. Андрейчиков А.В., Андрейчикова О.Н. Анализ, синтез, планирование решений в экономике. – М.: Финансы и статистика, 2004. – 464 с.
2. Саати Т.Л. Принятие решений. Метод анализа иерархий. – М.: Радио и связь, 1989. – 316 с.
3. Коммуникационная платформа Oktell [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://oktell.ru> (дата обращения: 10.04.2018).
4. Contact Center VoIPTime – программное решение для колл-центра [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.voiptime.net/ru> (дата обращения: 10.04.2018).
5. Naumen Contact Center: единое решение для call-центра и контакт-центра [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.naumen.ru> (дата обращения: 10.04.2018).
6. Infinity – лучшее программное обеспечение для внедрения колл-центра [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.inteltelecom.ru> (дата обращения: 11.04.2018).
7. Саати Т.Л. Об измерении неосознаваемого. Подход к относительным измерениям на основе главного собственного вектора матрицы парных сравнений // Cloud Of Science. – 2015. – Т. 2, № 1. – С. 5–39.
8. Саати Т.Л. Относительное измерение и его обобщение в принятии решений. Почему парные сравнения являются ключевыми в математике для измерения неосознаваемых факторов // Cloud Of Science. – 2016. – Т. 3, № 2. – С. 171–262.