Учредитель

ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет»

Редакционный совет

Председатель редакционного совета

Вострецов Алексей Геннадьевич, д-р техн. наук, проф., засл. деятель науки РФ, НГТУ, г. Новосибирск

Заместители председателя

Белим Сергей Викторович, д-р физ.-мат. наук, проф., ОмГТУ, г. Омск
Белов Виктор Матвеевич, д-р техн. наук, проф., НГТУ, г. Новосибирск
Котенко Игорь Витальевич, д-р техн. наук, проф., СПИИРАН, г. Санкт-Петербург

Члены редакционного совета

Авдеенко Татьяна Владимировна, д-р техн. наук, проф., НГТУ, г. Новосибирск
Аверченков Владимир Иванович, д-р техн. наук, проф., Брянский ГТУ, г. Брянск
Алгулиев Расим Магомед оглу, д-р техн. наук, проф., академик НАН Республики Азербайджан, ИИТ НАН Республики Азербайджан, г. Баку
Аникин Игорь Вячеславович, д-р техн. наук, доцент, КНИТУ-КАИ, г. Казань
Арутюнян Мариам Евгеньевна, д-р физ.-мат. наук, проф., ИИиАП НАН Республики Армения, г. Ереван
Баранкова Инна Ильинична, д-р техн. наук, доцент, МГТУ им. Г.И. Носова, г. Магнитогорск
Беззатеев Сергей Валентинович, д-р техн. наук, доцент, СПбГУАП, г. Санкт-Петербург
Боранбаев Сейлхан Нарбутинович, д-р техн. наук, проф., Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, г. Нур-Султан, Республика Казахстан
Васильев Владимир Иванович, д-р техн. наук, проф., УГАТУ, г. Уфа
Воевода Александр Александрович, д-р техн. наук, проф., НГТУ, г. Новосибирск
Гатчин Юрий Арменакович, д-р техн. наук, проф., ИТМО, г. Санкт-Петербург
Громов Юрий Юрьевич, д-р техн. наук, проф., Тамбовский ГТУ, г. Тамбов
Иващук Ольга Александровна, д-р техн. наук, проф., НИУ «БелГУ», г. Белгород
Киселёва Тамара Васильевна, д-р техн. наук, проф., СибГИУ, г. Новокузнецк
Кулаков Станислав Матвеевич, д-р техн. наук, проф., СибГИУ, г. Новокузнецк
Кульба Владимир Васильевич, д-р техн. наук, проф., ИПУ РАН, г. Москва
Кытманов Алексей Александрович, д-р физ.-мат. наук, доцент, СФУ, г. Красноярск
Лавлинский Сергей Михайлович, д-р техн. наук, доцент, Институт математики им. С.Л. Соболева СО РАН, г. Новосибирск
Ленский Артем, PhD, ст. науч. сотр., Австралийский национальный университет, г. Канберра
Магазев Алексей Анатольевич, д-р физ.-мат. наук, проф., ОмГТУ, г. Омск
Макарова Елена Анатольевна, д-р техн. наук, проф., УГАТУ, г. Уфа
Мышляев Леонид Павлович, д-р техн. наук, проф., СибГИУ, г. Новокузнецк
Пагано Микеле, д-р, проф., Пизанский университет, г. Пиза, Италия

Пиотровский Дмитрий Леонидович, д-р техн. наук, проф., Средиземноморский Карпасский университет, Турецкая Республика Северного Кипра
Петрунин Юрий Юрьевич, д-р филос. наук, проф., МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва
Тузиков Александр Васильевич, д-р физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН Республики Беларусь, ОИПИ НАН Республики Беларусь, г. Минск
Харин Юрий Семенович, д-р физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН Республики Беларусь, БГУ, г. Минск
Ходашинский Илья Александрович, д-р техн. наук, проф., ТУСУР, г. Томск
Шарипов Бахыт Жапарович, д-р пед. наук, проф., Международный университет информационных технологий, г. Алматы, Республика Казахстан
Ячиков Игорь Михайлович, д-р техн. наук, проф., МГТУ им. Г.И. Носова, г. Магнитогорск

Редакция

Главный редактор

Вострецов Алексей Геннадьевич, д-р техн. наук, проф., засл. деятель науки РФ, НГТУ, г. Новосибирск

Заместитель главного редактора

Белов Виктор Матвеевич, д-р техн. наук, проф., НГТУ, г. Новосибирск

Заведующий редакцией

Архипова Анастасия Борисовна, канд. техн. наук, доцент, НГТУ, г. Новосибирск

Технические редакторы

Прыткова Оксана Владимировна, НГТУ, г. Новосибирск
Грищенко Лев Аркадьевич, НГТУ, г. Новосибирск

Журнал зарегистрирован 01.03.2021 Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций. Свидетельство о регистрации ПИ № ФС 77-80320

Адрес издателя и редакции: 630073, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20.
E-mail: office@publish.nstu.ru и digital-tech-security@mail.ru
Web site: http://publish.nstu.ru и http://journals.nstu.ru/digital-tech-security/

Publisher and editorial office adress: 20 K. Marx Prospekt, Novosibirsk, 630073, Russian Federation

До номера 1(100) 2021 г. включительно журнал выходил под названием «Сборник научных трудов НГТУ» (ISSN 2307-6879)

16+

© Коллектив авторов, 2021
© Новосибирский государственный технический университет, 2021

БЕЗОПАСНОСТЬ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

ISSN 2782-2230

№ 3 (102) **2021**

СОДЕРЖАНИЕ

АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВАМИ

Воевода А.А., Шипагин В.И., Филюшов В.Ю. Расчет регулятора для объекта с запаздыванием 9

Воевода А.А., Филюшов В.Ю., **Шипагин В.И.** Полиномиальный метод синтеза регуляторов для частного случая многоканальных объектов с одной входной переменной и несколькими выходными 21

МЕТОДЫ И СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ, ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Архипова А.Б., Поляков П.А. Методология построения нейронной нечеткой сети в области информационной безопасности 43

Архипова А.Б., Поляков П.А. Анализ обнаружения атаки на базе SQL-инъекции с помощью импульсной искусственной нейронной сети. 57

УПРАВЛЕНИЕ В СОЦИАЛЬНЫХ И ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Косов Д.Л. О роли общественных организаций в структуре системы ЖКХ 68

Правила для авторов 93

Выпускающий редактор *И.П. Брованова*
Корректор *Л.Н. Киншт*
Компьютерная верстка *С.И. Ткачева*

Лицензия № ИД 04303 от 20.03.01. Подписано в печать 23.09.2021. Выход в свет 30.09.2021
Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Тираж 300 экз. Уч.-изд. л. 5,81
Печ. л. 6,25. Изд. № 151. Заказ № 678. Цена свободная

Отпечатано в типографии
Новосибирского государственного технического университета
630073, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20

Editorial board

Novosibirsk State Technical University

Editorial council

Chairman of the editorial council

Vostretsov A.G., Dr. Sc. (Eng.), Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, RF

Deputy chairman

Belim S.V., Dr. Sc. (Phys. & Math.), Omsk State Technical University, Omsk, RF
Belov V.M., Dr. Sc. (Eng.), Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, RF
Kotenko I.V., Dr. Sc. (Eng.), St. Petersburg Institute for Informatics and Automation of the Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, RF

The members of the editorial council

Avdeenko T.V., Dr. Sc. (Eng.), Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, RF
Averchenkov V.I., Dr. Sc. (Eng.), Bryansk State Technical University, Bryansk, RF
Alguliyev R.M.o., Dr. Sc. (Eng.), Azerbaijan National Academy of Sciences, Institute of Information Technology, Baku, AZE
Anikin I.V., Dr. Sc. (Eng.), Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI, Kazan, RF
Haroutunian M.E., Dr. Sc. (Phys. & Math.), Institute for Informatics and Automation Problems of NAS RA, Yerevan, ARM
Barankova I.I., Dr. Sc. (Eng.), Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, RF
Bezzateev S.V., Dr. Sc. (Eng.), Saint Petersburg State University of Aerospace Instrumentation, St. Petersburg, RF
Boranbaev S.N., Dr. Sc. (Eng.), L.N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, KZ
Vasil'ev V.I., Dr. Sc. (Eng.), Ufa State Aviation Technical University, UFA, RF
Voevoda A.A., Dr. Sc. (Eng.), Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, RF
Gatchin Yu.A., Dr. Sc. (Eng.), National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics, St. Petersburg, RF
Gromov Yu.Yu., Dr. Sc. (Eng.), Tambov State Technical University, Tambov, RF
Ivashhuk O.A., Dr. Sc. (Eng.), Belgorod State National Research University, Belgorod, RF
Kiseljova T.V., Dr. Sc. (Eng.), Siberian State Industrial University, Novokuznetsk, RF
Kulakov S.M., Dr. Sc. (Eng.), Siberian State Industrial University, Novokuznetsk, RF
Kul'ba V.V., Dr. Sc. (Eng.), V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of Russian Academy of Sciences, Moscow, RF
Kytmanov A.A., Dr. Sc. (Phys. & Math.), Siberian Federal University, Krasnoyarsk, RF
Lavlinskij S.M., Dr. Sc. (Eng.), Sobolev Institute of Mathematics of Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, RF
Lenskij A., PhD, Australian National University, Canberra, AUS
Magazev A.A., Dr. Sc. (Phys. & Math.), Omsk State Technical University, Omsk, RF
Makarova E.A., Dr. Sc. (Eng.), Ufa State Aviation Technical University, Ufa, RF

Myshljaev L.P., Dr. Sc. (Eng.), Siberian State Industrial University, Novokuznetsk, RF
Pagano M., Dr. Sc., University of Pisa, Pisa, IT
Piotrovskij D.L., Dr. Sc. (Eng.), University of Mediterranean Karpasia, Turkish Republic of Northern Cyprus, CYP
Petrunin Yu.Yu., Dr. Sc. (Philos.), Lomonosov Moscow State University, Moscow, RF
Tuzikov A.V., Corresponding Member, National Academy of Sciences of Republic Belarus, Dr. Sc. (Phys. & Math.), United Institute of Informatics Problems, Minsk, BLR
Harin Yu.S., Corresponding Member, National Academy of Sciences of Republic Belarus, Dr. Sc. (Phys. & Math.), Belarusian State University, Minsk, BLR
Hodashinskij I.A., Dr. Sc. (Eng.), Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics, Tomsk, RF
Sharipov B.Zh., Dr. Sc. (Ped.), International University of Information Technology, Almaty, KZ
Jachikov I.M., Dr. Sc. (Eng.), Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, RF

Editorial office

Chief editor

Vostretsov A.G., Dr. Sc. (Eng.), Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, RF

Deputy chief editor

Belov V.M., Dr. Sc. (Eng.), Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, RF

Head of the editorial office

Arhipova A.B., Candidate of Science (Eng.), Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, RF

Technical editors

Prytkova O.V., Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, RF
Grishchenko LA., Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, RF

Publisher and editorial adress: 20 K. Marx Prospekt, Novosibirsk, 630073, Russian Federation
E-mail: office@publish.nstu.ru и digital-tech-security@mail.ru
Web site: http://publish.nstu.ru и http://journals.nstu.ru/digital-tech-security/

© Authors, 2021
© Novosibirsk State Technical University, 2021

DIGITAL TECHNOLOGY SECURITY

ISSN 2782-2230

№ 3 (102) **2021**

CONTENTS

AUTOMATION AND CONTROL OF TECHNOLOGICAL PROCESSES AND PRODUCTIONS

Voevoda A.A., Shipagin V.I., Filiushov V.Yu. Calculation of the regulator for the object with a delay 9

Voevoda A.A., Filiushov V.Yu., Shipagin V.I. Polynomial method for the synthesis of regulators for the special case of multichannel objects with one input variable and several output values 21

METHODS AND SYSTEMS OF INFORMATION PROTECTION, INFORMATION SECURITY

Arkhipova A.B., Polyakov P.A. Methodology for constructing a neural fuzzy network in the field of information security..... 43

Arkhipova A.B., Polyakov P.A. Analysis of the detection of an attack based on SQL injection using an impulse artificial neural network 57

GOVERNANCE IN SOCIAL AND ECONOMIC SYSTEMS

Kosov D.L. About the role of public organizations in the structure of the housing and communal services system 68

Rules for authors..... 96

Editor *L.N. Kinsht*
Publishing Editor *I.P. Brovanova*
Computer imposition *S.I. Tkacheva*

License № ID 04303 from 20.03.01. Signed in print September 23, 2021
Date of publication September 30, 2021. Format 60 × 84 1/16
Offset Paper. Circulation is 300 copies. Educational-ed. liter. 5,81. printed pages 6,25
Publishing number 151. Order number 678

It is printed in printing house of Novosibirsk State Technical University
630073, Novosibirsk, 20 K. Marx Prospekt

БЕЗОПАСНОСТЬ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ. – 2021. – № 3 (102). – 9–20

АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВАМИ

УДК 681.513 DOI: 10.17212/2782-2230-2021-3-9-20

РАСЧЕТ РЕГУЛЯТОРА ДЛЯ ОБЪЕКТА С ЗАПАЗДЫВАНИЕМ*

А.А. ВОЕВОДА[1], В.И. ШИПАГИН[2], В.Ю. ФИЛЮШОВ[3]

[1] *630073, РФ, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, Новосибирский государственный технический университет, доктор технических наук, профессор кафедры автоматики. E-mail: ucit@ucit.ru*
[2] *630087, РФ, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, Новосибирский государственный технический университет, аспирант кафедры автоматики. E-mail: shipagin@mail.ru*
[3] *630087, РФ, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, Новосибирский государственный технический университет, аспирант кафедры автоматики. E-mail: filiushov.vladislav@gmail.com*

Задача управления некоторыми системами усложняется за счет того, что реальные технические объекты содержат звенья запаздывания. То есть существует некоторый промежуток времени отсутствия реакции со стороны объекта регулирования на управляющее воздействие. Обычно наличие звена запаздывания негативно влияет на качество управления такой системой. Существуют различные способы синтеза системы управления для таких систем. К ним можно отнести упредители Смита, специализированные алгоритмы настройки управления, самонастраивающиеся системы с активной адаптацией. Однако они предъявляют дополнительные требования к динамике системы или сложны в технической реализации и настройке.

В настоящей статье предпринимается попытка расчета регулятора полиномиальным методом для объекта с запаздыванием. Математическая модель запаздывания получена благодаря аппроксимации звена задержки рядом Паде. Для обеспечения необходимой динамики переходного процесса в системе важно сохранение полюсов звена запаздывания. Регулятор, рассчитанный для системы со звеном задержки в виде ряда Паде, применяется для системы с «идеальным» запаздыванием.

Для наглядности проводимых расчетов в качестве примера взят объект в виде комбинации апериодического и интегрирующего звеньев, соединенных последовательно. Интегрирующее звено необходимо для придания системе астатических свойств. В качестве задержки будем использовать аппроксимацию рядом Паде различных порядков. Звено запаздывания придает системе неустойчивый характер.

* Статья получена 18 июня 2021 г.

Ключевые слова: система управления, система с запаздыванием, полиномиальное матричное разложение, синтез системы автоматического управления, ряд Паде, передаточная функция, упредители Смита, аппроксимация

ВВЕДЕНИЕ

Большинство технических систем имеют запаздывания в своей структуре. В некоторых случаях их влиянием нельзя пренебречь, так как это отразится на динамике переходных процессов. При этом состояние развития современных технических систем предъявляет повышенные требования к динамике переходных процессов. Запаздывания в управляющей системе в этих условиях могут приводить к возникновению автоколебаний в замкнутой системе, а в некоторых случаях и к потере устойчивости всей системы в целом [1; 16, с. 107]. В связи с этим учет звеньев запаздывания в системе при синтезе систем автоматического управления объектом является актуальным в настоящее время и рассматривается в настоящей статье.

Запаздывания по характеру распределения в системе подразделяются на распределенные и сосредоточенные [2]. При этом локализация последних может быть разнообразной. В зависимости от рассматриваемой задачи различные задержки системы могут быть более или менее значимыми. Например, встречаются работы с запаздываниями в канале управления. Автор исследования [3] рассматривает систему управление реактивными двигателями. При этом (в силу особенностей рассматриваемой системы) особое внимание уделяется работе системы в переходных режимах, а значит, особую значимость приобретают задержки в канале управления такой системой. В некоторых случаях рассматриваются задержки в векторе состояния объекта. В исследовании [4] изучаются процессы в измельчительных машинах, а в исследовании [5] – процессы в химических реакторах. В этих исследованиях особое внимание уделяется изменению вектора состояния объекта, а значит, при синтезе регулятора важным становится рассмотрение задержек в самом объекте. Еще одним из случаев локализации «значимых» запаздываний можно считать задержки в канале выхода. На примере исследования [2] такой случай возник из-за более инерционных измерительных устройств по сравнению с самим объектом.

В настоящей работе рассматривается первый случай локализации звена запаздывания (в канале управления).

Существуют различные подходы к решению вопроса синтеза регуляторов для систем с запаздыванием. В основном они уменьшают воздействие звеньев запаздывания на качество управления объектом. Среди этих подходов можно отметить следующее.

1. Алгоритмы, основанные на компенсации запаздывания. Данный эффект достигается благодаря встраиванию в обратную связь системы специальных блоков – «упредителей Смита». Этот подход нашел широкую популярность (см. напр., [6–8]). Данный метод достаточно хорошо справляется с наличием в системе запаздываний различной локализации, однако в случае с рассмотрением объектов с изменяющейся динамикой он оказывается не столь эффективен.

2. Специализированные алгоритмы настройки управления. Такой подход можно встретить в работе [9]. Так же как и предыдущий метод, этот алгоритм не столь эффективен для объектов с изменяющейся динамикой.

3. Использование самонастраивающихся систем с активной адаптацией. Такой подход был применен в работах [10, 11]. Однако, как отмечают авторы работ, данный подход технически сложно реализовать и затем настроить полученный регулятор. Кроме этого, возможна ситуация появления на выходе системы статической ошибки вследствие воздействия на нее сигнальных помех.

В настоящей работе предлагается решать проблему синтеза регулятора для системы с запаздыванием в канале управления полиномиальным матричным методом, описанным в [13, 14]. Такой алгоритм позволяет добиваться необходимой динамики переходных процессов системы путем сохранения полюсов передаточной функции звена задержки. При этом математическая модель звена запаздывания будет реализована аппроксимацией звена задержки рядом Паде.

1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Для демонстрации работы полиномиального алгоритма синтеза систем автоматического управления для систем с запаздыванием был выбран «простой» одноканальный объект, состоящий из двух звеньев – апериодического звена и интегратора:

$$w_{object}(s) = \frac{1}{s(s+1)}. \tag{1}$$

Как видим, объект устойчив, при этом звено интегрирования придает ему астатическое свойство. Однако при интеграции звена задержки (2 секунды) в установку Plant система перестает быть устойчивой.

Пусть звено запаздывания находится в последовательной связи с объектом со стороны канала управления регулятора. Систему автоматического управления интегрируем также в прямой связи с объектом (рис. 1).

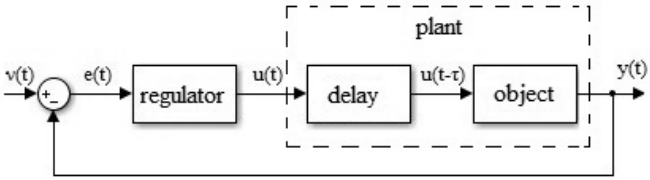

Рис. 1. Система с запаздыванием

Fig. 1. System with delay

Как видно из рис. 1, на вход системы поступает задание $\nu(t)$. На выходе получаем $y(t)$. Система имеет единичную отрицательную обратную связь. К регулятору поступает ошибка регулирования $e(t) = \nu(t) - y(t)$. В качестве задержки $\tau = 2$ с.

В качестве примера расчета звено запаздывания аппроксимируем рядом Паде второго порядка: $w_{delay}(s) \approx (1 - s + 0.33s^2)/(1 + s + 0.33s^2)$. Тогда передаточная функция установки с запаздыванием будет выглядеть следующим образом:

$$w_{plant}(s) = \frac{(1 - s + 0.33s^2)}{(1 + s + 0.33s^2)(s+1)s}. \tag{2}$$

Применим полиномиальное разложение вида

$$w_{plant}(s) = \frac{n(s)}{d(s)} \tag{3}$$

для выражения (2) и получим

$$d(s) = (0.33s^2 + s + 1)(s+1)s, \; n(s) = (0.33s^2 - s + 1). \tag{4}$$

В случае с одноканальной системой правое и левое полиномиальные разложения будут идентичны, поэтому здесь и в дальнейшем это свойство разложения не будем учитывать. Необходимо выполнить синтез регулятора полиномиальным матричным методом с сохранением в передаточной функции замкнутой системы полюсов звена запаздывания.

2. СИНТЕЗ РЕГУЛЯТОРА

Если передаточную функцию регулятора представить в виде $w_{reg}(s) = x(s)/y(s)$, то с учетом выражения (3) передаточную функцию замкнутой системы (см. рис. 1) можно представить в виде

$$w_{cl}(s) = \frac{n(s)x(s)}{n(s)x(s) + d(s)y(s)}. \tag{5}$$

Таким образом, характеристический полином замкнутой системы (ХПЗС)

$$c(s) = n(s)x(s) + d(s)y(s). \tag{6}$$

Для сохранения полюсов звена запаздывания и упрощения вычислительных операций выполним некоторые преобразования полиномов (4), (6):

$$\begin{aligned} d(s) &= (0.33s^2 + s + 1)\bar{d}(s), \\ c(s) &= (0.33s^2 + s + 1)\bar{c}(s), \\ x(s) &= (0.33s^2 + s + 1)\bar{x}(s), \end{aligned} \tag{7}$$

где $\bar{d}(s) = (s+1)s$, $\bar{c}(s)$, $\bar{x}(s)$ – преобразованные полиномы «знаменателя» объекта, ХПЗС и «числителя» регулятора соответственно.

Для выбора вида передаточной функции регулятора воспользуемся рекомендациями автора работы [15] и возьмем регулятор полного порядка. Согласно передаточной функции объекта с запаздыванием (2) четвертого порядка и с учетом преобразований (7) передаточная функция регулятора была взята в следующем виде:

$$w_{reg}(s) = \frac{(0.33s^2 + s + 1)\bar{x}(s)}{y(s)}, \tag{8}$$

где $\bar{x}(s) = x_1 s + x_0$, $y(s) = \left(y_3 s^3 + y_2 s^2 + y_1 s + y_0\right)$.

Из уравнений (4), (6), (8) видно, что ХПЗС (6) имеет 7-й порядок. Это значит, что в качестве желаемых необходимо задать семь полюсов системы. В качестве желаемых полюсов замкнутой системы согласно постановке зада-

чи будут выступать 2 полюса звена запаздывания [–1.5152 ± 0.8571i]. Остальные значения возьмем также из левой полуплоскости (для обеспечения устойчивости всей системы). Не равные полюсам звена запаздывания будут равны –2. Таким образом, желаемая ХПЗС будет равна

$$c(s) = (0.33s^2 + s + 1)(s + 2)^5 . \tag{9}$$

Для нахождения параметров регулятора приравняем ХПЗС (6) к желаемой (9) и получим систему уравнений. Подробнее о процедуре решения этой системы можно прочитать в [15]. В результате получим регулятор

$$w_{reg}(s) = \frac{(0.33s^2 + s + 1)(31.6s + 32)}{s^3 + 9s^2 + 20.6s + 80.5} .$$

Передаточная функция замкнутой системы при этом будет равна

$$w_{cl}(s) = \frac{(0.33s^2 - s + 1)(31.6s + 32)}{(s + 2)^5} . \tag{10}$$

Как видно из уравнения (10), не все полюса замкнутой системы удалось сохранить, не сохранились полюса звена запаздывания. Это произошло вследствие их сокращения. Это можно увидеть, если расписать выражение (5) с учетом преобразований полиномов (7):

$$w_{cl}(s) = \frac{n(s)\bar{x}(s)(0.33s^2 + s + 1)}{n(s)\bar{x}(s)(0.33s^2 + s + 1) + \bar{d}(s)(0.33s^2 + s + 1)y(s)} .$$

Однако, несмотря на то что происходит сокращение полюсов звена запаздывания, система достаточно хорошо «справляется» с задержкой в системе. Это будет продемонстрировано в следующем разделе статьи.

3. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Для иллюстрации полученных результатов моделирование системы, показанной на рис. 1, осуществлено с помощью программного пакета Matlab–Simulink. Расчеты проводились в пакете программ Mathcad. Сначала в качестве звена задержки использовалась аппроксимация рядом Паде первого, второго и третьего порядков, затем полученный регулятор встраивался в систему

со звеном TransportDelay из пакета Matlab–Simulink, эмулирующего транспортную задержку. Это было сделано для сравнения результатов управления системой с задержкой более высокого порядка, чем использованный ряд Паде. Результаты представлены на рис. 2.

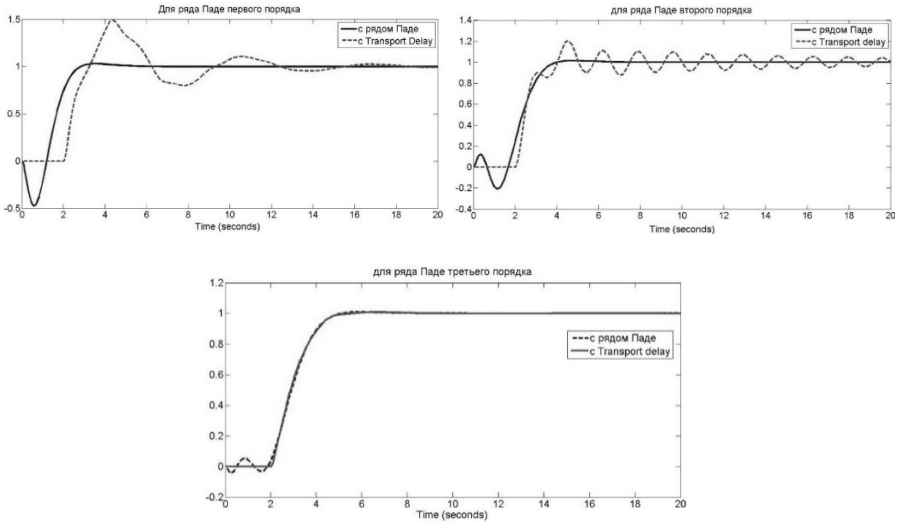

Рис. 2. Переходные процессы системы

Fig. 2. Transport process of the system

Как видно из рис. 2, в целом управление системой с задержкой, выполненной средствами Simulink, происходит хуже, чем при аппроксимации задержки рядом Паде. Однако управление улучшается при расчете регулятора системы с задержкой в виде ряда Паде более высокого порядка. Несмотря на то что происходит сокращение полюсов звена запаздывания, регулятор справляется с управлением системой, в том числе содержащей идеальную задержку Transportdelay.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения работы было выяснено следующее:

– полиномиальный метод синтеза системы автоматического управления системой может синтезировать регулятор, способный управлять системой с запаздыванием;

– при попытке сохранения полюсов звена запаздывания в системе происходят их сокращения, но, несмотря на это, полученный регулятор способен к управлению такой системой;

– качество управления системой с «идеальной» задержкой (Transportdelay) зависит от расчета звена запаздывания рядом Паде. Чем выше порядок аппроксимации запаздывания рядом Паде, тем лучше полученный регулятор, рассчитанный для данной системы, справляется с управлением в случае использования «идеальной» задержки (Transportdelay).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Гурецкий Х.* Анализ и синтез систем управления с запаздыванием. – М.: Машиностроение, 1973. – 328 с.

2. *Филимонов А.Б.* Спектральная декомпозиция систем с запаздываниями. Компенсация запаздываний. – М.: Физматлит, 2002. – 288 с.

3. *Черкасов Б.А.* Автоматика и регулирование воздушно-реактивных двигателей. – М.: Машиностроение, 1988. – 360 с.

4. *Янушевский Р.Т.* Управление объектами с запаздыванием. – М.: Наука, 1978. – 416 с.

5. Алгоритмизация управления объектами с запаздыванием / Л.П. Мышляев, В.П. Авдеев, В.Я. Карташов, М.Б. Купчик. – Кемерово: Кемеров. гос. ун-т, 1989. – 83 с.

6. *Смит О.Дж.* Автоматическое регулирование. – М.: Физматгиз, 1962. – 255 с.

7. *Плутес В.С.* К вопросу построения оптимальных САР объектов с чистым запаздыванием // Доклады Научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ за 1968–1969 гг. Секция автоматики, вычислительной и измерительной техники. Подсекция автоматического управления. – М.: МЭИ, 1970. – С. 62–73.

8. *Миркин Е.Л., Шаршеналиев Ж.Ш.* Синтез адаптивных систем управления с вспомогательной моделью с запаздыванием в управлении // Автоматика и телемеханика. – 2010. – № 11. – С. 159–171.

9. *Дорф Р., Бишоп Р.* Современные системы управления: пер. с англ. – М.: Лаборатория базовых знаний, 2002. – 832 с.

10. *Еремин Е.Л., Еремин И.Е.* Адаптивная система для объекта с запаздыванием по управлению в схеме с динамическим корректором и эталонным упредителем // Информатика и системы управления. – 2013. – № 4 (38). – С. 111–120.

11. А. с. № 1177801 СССР. Устройство для регулирования диаметра изоляции кабеля / В.Е. Вохрышев. – Опубл. 1985. – Бюл. № 33.

12. *Бураков М.В., Коновалов А.С.* Модификация предиктора Смита для линейного объекта с переменными параметрами // Информационно-управляющие системы. – 2017. – № 4 (89). – С. 25–34.

13. *Antsaklis P.J., Michel A.N.* Linear systems. – Switzerland: Birkhauser, 1997. – 669 p.

14. *Chen C.T.* Linear System Theory and Design. – 2nd ed. – New York: Oxford, 1999. – 334 p.

15. *Бобобеков К.М.* Полиномиальный метод синтеза многоканальных регуляторов с использованием матрицы Сильвестра: дис. … канд. техн. наук: 05.13.01. – СПб., 2019. – 168 с.

16. *Игумнов И.В.* Метод Нелдера – Мида для настройки регулятора, функционирующего на основе искусственных нейросетей: дис. … канд. техн. наук: 05.13.05. – Томск, 2020. – 166 с.

Воевода Александр Александрович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры автоматики Новосибирского государственного технического университета. Основное направление научных исследований – управление многоканальными объектами. Имеет более 300 публикаций. E-mail: ucit@ucit.ru

Шипагин Виктор Игоревич, аспирант кафедры автоматики Новосибирского государственного технического университета. В настоящее время специализируется в области синтеза систем управления техническими системами. E-mail: shipagin@mail.ru

Филюшов Владислав Юрьевич, аспирант кафедры автоматики Новосибирского государственного технического университета. Основное направление научных исследований – теория автоматического управления. Имеет более 10 публикации. E-mail: filiushov.vladislav@gmail.com

DOI: 10.17212/2782-2230-2021-3-9-20

Calculation of the regulator for the object with a delay*

A.A. Voevoda[1], V.I. Shipagin[2], V.Yu. Filiushov[3]

[1] *Novosibirsk State Technical University, 20 K. Marx Prospekt, Novosibirsk, 630073, Russian Federation, D. Sc. (Eng.), professor. E-mail: ucit@ucit.ru*
[2] *Novosibirsk State Technical University, 20 K. Marx Prospekt, Novosibirsk, 630073, Russian Federation, the post-graduate student of Department "Automatics". E-mail: shipagin@mail.ru*
[3] *Novosibirsk State Technical University, 20 K. Marx Prospekt, Novosibirsk, 630073, Russian Federation, the post-graduate student of Department "Automatics". E-mail: filiushov.vladislav@gmail.com*

The task of managing some systems is complicated due to the fact that real technical objects contain delay links. That is, there is a certain period of time when there is no reaction from the object of regulation to the control action. Usually, the presence of a delay link negatively affects the quality of management of such a system. There are various ways to synthesize a control system for such systems. These include: Smith predictors, specialized control tuning algorithms, the use of self-adjusting systems with active adaptation. However, they impose additional requirements on the dynamics of the system or are complex in technical implementation and configuration.
Within the framework of this article, an attempt is made to calculate the regulator by the polynomial method for an object with a delay. The mathematical model of the delay is obtained by approximating the delay link next to the Pade. To ensure the necessary dynamics of the transition process from the system, we require the preservation of the poles of the delay link. Then the regulator, calculated for a system with a delay link in the form of a series of Pads, is applied to a system with an "ideal" delay.
For clarity of the calculations carried out, an object in the form of a combination of aperiodic and integrating links connected in different ways is taken as an example. The integrating link is necessary to give the system astatic properties. As a delay, we will use the approximation of the range of different orders. The link of delay gives the system a non-stable character.

Keywords: control system, delayed system, polynomial matrix decomposition, synthesis of an automatic control system, Pade series, transfer function, Smith predictors, approximation

REFERENCES

1. Guretskii Kh. *Analiz i sintez sistem upravleniya s zapazdyvaniem* [Analysis and synthesis of delayed control systems]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1973. 328 p.

2. Filimonov A.B. *Spektral'naya dekompozitsiya sistem s zapazdyvaniyami. Kompensatsiya zapazdyvanii* [Spectral decomposition of systems with delays. Compensation for delays]. Moscow, Fizmatlit Publ., 2002. 288 p.

* *Received 18 June 2021.*

3. Cherkasov B.A. *Avtomatika i regulirovanie vozdushno-reaktivnykh dvigatelei* [Automation and regulation of air-jet engines]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1988. 360 p.

4. Yanushevskii R.T. *Upravlenie ob"ektami s zapazdyvaniem* [Controlling objects with a delay]. Moscow, Nauka Publ., 1978. 416 p.

5. Myshlyaev L.P., Avdeev V.P., Kartashov V.Ya., Kupchik M.B. *Algoritmizatsiya upravleniya ob"ektami s zapazdyvaniem* [Algorithmization of object controlling with a delay]. Kemerovo, Kemerovo State University Publ., 1989. 83 p.

6. Smith O.J.M. *Avtomaticheskoe regulirovanie* [Automatic controlling]. Moscow, Fizmatgiz Publ., 1962. 255 p.

7. Plutes V.S. [On the issue of constructing optimal SAR objects with a net delay]. Reports of the scientific and technical conference on the results of research works for 1968–1969. Section of automation, computing and measuring equipment. Automatic control subsection]. Moscow, MEI Publ., 1970, pp. 62–73. (In Russian).

8. Mirkin E.L., Sharshenaliev Zh.Sh. Sintez adaptivnykh sistem upravleniya s vspomogatel'noi model'yu s zapazdyvaniem v upravlenii [Synthesis of adaptive control systems with an auxiliary model with a delay in control]. *Avtomatika i telemekhanika = Automation and Remote Control*, 2010, no. 11, pp. 159–171. (In Russian).

9. Dorf R., Bishop R. *Modern control systems*. Upper Saddle River, Prentice Hall, 2001 (Russ. ed.: Dorf R., Bishop R. *Sovremennye sistemy upravleniya*. Moscow, Laboratoriya bazovykh znanii Publ., 2002. 832 p.).

10. Eremin E.L., Eremin I.E. Adaptivnaya sistema dlya ob"ekta s zapazdyvaniem po upravleniyu v skheme s dinamicheskim korrektorom i etalonnym upreditelem [Adaptive system for an object with a control delay in a scheme with a dynamic corrector and a reference predictor]. *Informatika i sistemy upravleniya = Information Science and Control Systems*, 2013, no. 4 (38), pp. 111–120. (In Russian).

11. Vokhryshev V.E. *Ustroistvo dlya regulirovaniya diametra izolyatsii kabelya* [Device for regulating the diameter of the cable insulation]. Inventor's Certificate SSSR, no. 1177801, 1985.

12. Burakov M.V., Konovalov A.S. Modifikatsiya prediktora Smita dlya lineinogo ob"ekta s peremennymi parametrami [Modification of Smith predictor for a linear plant with changeable parameters]. *Informatsionno-upravlyayushchie sistemy = Information and Control Systems*, 2017, no. 4 (89), pp. 25–34.

13. Antsaklis P.J., Michel A.N. Linear systems. Switzerland: Birkhauser, 1997. 669 p.

14. Chen C.T. *Linear System Theory and Design*. 2nd ed. New York, Oxford, 1999. 334 p.

15. Bobobekov K.M. Polinomial'nyy metod sinteza mnogokanal'nykh regulyatorov s ispol'zova-niem matritsy Sil'vestra. Diss. kand. tekhn. nauk [Polynomial control method for multichannel dynamic system by Silvester matrix. PhD eng. sci. diss.]. St. Petersburg, 2019. 168 p.

16. Igumnov I.V. *Metod Neldera – Mida dlya nastroiki regulyatora, funktsioniruyushchego na osnove iskusstvennykh neirosetei* [The Nelder – Mead method for setting up a controller that functions on the basis of artificial neural networks. PhD eng. sci. diss.]. Tomsk, 2020. 166 p.

Для цитирования:

Воевода А.А., Шипагин В.И., Филюшов В.Ю. Расчет регулятора для объекта с запаздыванием // Безопасность цифровых технологий. – 2021. – № 3 (102). – С. 9–20. – DOI: 10.17212/2782-2230-2021-3-9-20.

For citation:

Voevoda A.A., Shipagin V.I., Filiushov V.Yu. Raschet regulyatora dlya ob"ekta s zapazdyvaniem [Calculation of the regulator for the object with a delay]. *Bezopasnost' tsifrovykh tekhnologii = Digital Technology Security*, 2021, no. 3 (102), pp. 9–20. DOI: 10.17212/2782-2230-2021-3-9-20.

БЕЗОПАСНОСТЬ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ. – 2021. – № 3 (102). – 21–42

УДК 681.511.26 DOI: 10.17212/2782-2230-2021-3-21-42

ПОЛИНОМИАЛЬНЫЙ МЕТОД СИНТЕЗА РЕГУЛЯТОРОВ ДЛЯ ЧАСТНОГО СЛУЧАЯ МНОГОКАНАЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ С ОДНОЙ ВХОДНОЙ ПЕРЕМЕННОЙ И НЕСКОЛЬКИМИ ВЫХОДНЫМИ*

А.А. ВОЕВОДА[1], В.Ю. ФИЛЮШОВ[2], В.И. ШИПАГИН[3]

[1] *630073, РФ, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, Новосибирский государственный технический университет, доктор технических наук, профессор кафедры автоматики. E-mail: ucit@ucit.ru*
[2] *630073, РФ, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, Новосибирский государственный технический университет, аспирант кафедры автоматики. E-mail: filiushov.vladislav@gmail.com*
[3] *630073, РФ, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, Новосибирский государственный технический университет, аспирант кафедры автоматики. E-mail: shipagin@mail.ru*

В настоящее время актуальной задачей в теории управления является синтез регуляторов для объектов с меньшим количеством входных величин по сравнению с выходными, такие объекты описываются матричными передаточными функциями неквадратной формы. Рассмотрен частный случай многоканального объекта с одной входной переменной и двумя/тремя выходными, матричная передаточная функция такого объекта имеет неквадратную форму, а именно один столбец и две/три/четыре строки. Для расчета регуляторов применена полиномиальная методика синтеза, которая заключается в использовании полиномиального матричного описания замкнутой системы управления. Особенностью такого подхода является возможность записи характеристической матрицы замкнутой многоканальной системы через полиномиальные матрицы объекта и регулятора в виде матричного диофантова уравнения. Решая это уравнение, можно задавать желаемые полюса матричного характеристического полинома замкнутой системы. Существует множество вариантов его решения. Один из них заключается в представлении полиномиального матричного уравнения в виде системы линейных алгебраических уравнений в матричной форме, где матрицей системы является матрица Сильвестра. Выбор порядка полиномиального матричного регулятора и порядка характеристической матрицы осуществляется на основании теоремы, приведенной в работах Chi-TsongChen, которая всегда выполняется для управляемых объектов. Если минимальный порядок регулятора выбран в соответствии с этой теоремой и матрица Силь-

* Статья получена 30 июня 2021 г.

вестра имеет неполный ранг, то это означает, что в системе линейных алгебраических уравнений неизвестных элементов больше, чем уравнений. В таком случае решение, соответствующее выбранному базисному минору, имеет свободные параметры, которыми являются параметры регуляторов. Свободные параметры регуляторов можно задавать произвольно, что использовано для задания или исключения некоторых нулей в замкнутой системе. Таким образом, на различных примерах объектов с неквадратной матричной передаточной функцией проиллюстрирована полиномиальная методика синтеза, позволяющая не только задавать полюса замкнутой системы, но и некоторые нули, что является существенным преимуществом, особенно при синтезе регуляторов для многоканальных объектов.

Ключевые слова: полиномиальное матричное разложение, полиномиальная методика синтеза, многоканальный объект, диофантово уравнение, матрица Сильвестра, неквадратная матричная передаточная функция, расчет регуляторов, теория управления

ВВЕДЕНИЕ

В теории управления особое место занимает синтез регуляторов для линейных многоканальных объектов, которые в общем виде имеют несколько входных и выходных величин (*multiinput – multioutput* (*MIMO*)), причем их количество может быть не равно, что является особо интересным случаем, из-за малого количества работ, посвященных этой тематике. Частным случаем описания многоканального объекта является один вход и несколько выходов (*singleinput – multioutput* (*SIMO*)), а также несколько входов и один выход (*multiinput – singleoutput* (*MISO*)).

Существуют различные способы математического описания многоканальных объектов управления: в пространстве состояний, через матрицы (A, B, C, D) [1]; в виде матричной передаточной функции (МПФ) [2], которая в случае неравного количества входных и выходных величин имеет неквадратную форму (*non-squareobject*); в виде полиномиального матричного разложения (ПМР) [3–5], которое позволяет записать многоканальный объект по аналогии с одноканальным, содержащим матричные числитель и знаменатель.

Некоторые термины в теории автоматического управления понимаются различными авторами по-разному, поэтому уточним следующие используемые термины в настоящей работе: управление, регулирование и выходные переменные. Д.П. Ким в работе [6] дает следующую трактовку терминов «управление», «заданный режим» и «выходная величина»: «…управлением называют целенаправленное воздействие на какое-либо устройство, объект», целью управления объектом является «…поддержание *заданного режима*», под *заданным режимом* понимается «…изменение какого-либо параметра, характеризующего состояние объекта, по определенному закону», этот пара-

метр называется *выходной величиной* и может быть векторным. В работе по системам подчиненного регулирования [7] Р.Т. Шрейнер понимает под выходными величинами сигналы, выходящие из звеньев объекта: «…выходными величинами звеньев $x_1,.., x_n$, оказались физические величины, представляющие интерес с точки зрения регулирования и контроля». Далее он пишет: «Для каждой из регулируемых величин $x_1,.., x_n$ предусматривается замкнутая САР… Таким образом, количество регуляторов системы подчиненного регулирования равно количеству регулируемых величин объекта». На основании описанных трактовок сигналы, входящие в объект, называем входными величинами, или просто входами (*inputs*), а выходящие из объекта – выходными величинами, или просто выходами (*outputs*).

Рассмотрим описание терминов «система автоматического управления» (САУ) и «система автоматического регулирования» (САР) автором Д.П. Ким [6]: «В простейших случаях САУ называют САР…», но в то же время «так как нет критериев, по которым можно было бы судить, какие системы управления считать сложными, а какие простыми, мы не будем делать принципиальных отличий между терминами САУ и САР». В работе В.Н. Букова [8], в которой описывается синтез регуляторов для многоканальных объектов, в том числе с неравным количеством входных и выходных величин, также не отмечается различие между этими терминами. Поэтому в настоящей работе не будем делать различий между терминами САУ и САР.

В работе [9] на иллюстративном примере показан способ расчета регуляторов для объекта с одним входом и двумя выходами. В работе [10] показан вывод четырех вариантов записи замкнутой системы в полиномиальном матричном разложении, показана эквивалентность характеристических матриц и на иллюстративном примере объекта с тремя входами и двумя выходами, рассчитаны регуляторы для задания полюсов и некоторых нулей замкнутой системы. В работах [11, 12] показан способ представления системы, построенной по принципу подчиненного регулирования, к многоканальному виду объекта с одной входной и тремя выходными величинами (ток якоря, скорость и положение ротора), что позволяет применить полиномиальный метод синтеза для частного случая многоканального объекта. Линейная модель бокового движения высокоманевренного летательного аппарата на больших углах атаки [13] является неквадратным объектом, где угол скольжения, угловая скорость крена, угловая скорость рыскания и угол крена являются выходными величинами, а угол отклонения элеронов и угол отклонения руля направления – входными. Разработку алгоритмов синтеза для такого рода объектов можно найти в работах [14, 15]. В работах [16, 17] показан синтез

регуляторов для объектов размерностью 3 × 2 и 1 × 2. В работах [18–20] рассматриваются нелинейные модели различных летательных аппаратов и робототехнических комплексов.

1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Предлагается способ расчета регуляторов, задающих желаемые полюса характеристической матрицы, а также некоторые нули замкнутой системы, для частного случая многоканальных объектов с одним входом и несколькими выходами (SIMO).

Система управления состоит из объекта управления с m входами и p выходами, замкнута единичной обратной связью с регулятором, имеющим p входов и m выходов, стоящим между сигналом ошибки $v-y$ и входом объекта управления. Объект управления может быть описан в виде левого и правого ПМР $W_o(s)=\tilde{D}(s)^{-1}\tilde{N}(s)=N(s)D(s)^{-1}$, где $\tilde{D}(s)\in R[s]^{p\times p}$, $D(s)\in R[s]^{m\times m}$, $\tilde{N}(s),N(s)\in R[s]^{p\times m}$, тильда "$\sim$" говорит о том, что выбрано левое ПМР, $R[s]^{m\times p}$ – множество матриц размером $m\times p$, элементы которых – полиномы от s с вещественными коэффициентами. По аналогии введем описание регулятора $W_o(s)=\tilde{Y}(s)^{-1}\tilde{X}(s)=X(s)Y(s)^{-1}$, где $\tilde{Y}(s)\in R[s]^{m\times m}$, $Y(s)\in R[s]^{p\times p}$, $\tilde{X}(s),X(s)\in R[s]^{m\times p}$.

Выбор порядка регуляторов и порядка характеристической матрицы выполняется в соответствии со следующей теоремой.

Теорема. Рассмотрим систему с единичной обратной связью, показанную на рис. 1.

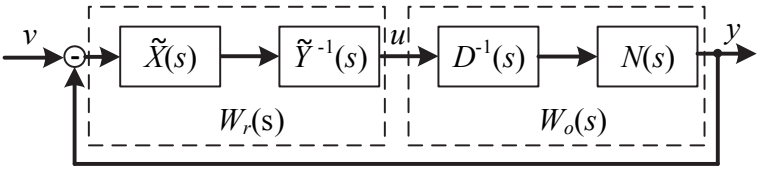

Рис. 1. Многоканальная система в полиномиальном матричном описании

Fig. 1. Multivariable system in polynomial matrix description

Объект описывается строго правильной передаточной матрицей $W(s)$ $p \times m$. Пусть $W(s)$ разложена на $W(s) = N(s)D(s)^{-1}$, где $N(s)$ и $D(s)$ взаимно простые справа, $D(s)$ – столбцово приведенная матрица со степенями столбцов μ_i, $i = 1,2\ldots m$. Пусть ν – строчный индекс $W(s)$ и пусть $m_i \geq \nu - 1$ для $i = 1,2\ldots m$, где m_i – степени строк $\tilde{Y}(s)$. Тогда для любой полиномиальной матрицы $C(s)$, такой что

$$\lim_{s \to \infty} H_r^{-1}(s)C(s)H_c^{-1} = C_h ,$$

где $H_r(s) = diag(s^{-m_1}, s^{-m_2}, \ldots, s^{-m_m})$ и $H_c(s) = diag(s^{-\mu_1}, s^{-\mu_2}, \ldots, s^{-\mu_m})$, C_h является не особой постоянной матрицей, существует $m \times p$ правильный регулятор $\tilde{Y}^{-1}(s)\tilde{X}(s)$, где $\tilde{Y}(s)$ – строчно приведенная со степенями строк m_i, такая что передаточная матрица вход–выход описывается следующим уравнением:

$$W_{cl}(s) = N(s)C(s)^{-1}\tilde{X}(s), \tag{1}$$

где характеристическая матрица

$$C(s) = \tilde{Y}(s)D(s) + \tilde{X}(s)N(s) \tag{2}$$

имеет размерность $C(s) \in R[s]^{m \times m}$ [21].

Уравнение является диофантовым для случая одного входа $m = 1$. Матрица Сильвестра имеет вид [22]

$$\aleph = \Re\Im .$$

Решением этой системы уравнений при *полном ранге* матрицы Сильвестра является $\Im$:

$$\Re = \aleph\Im^{-1} . \tag{3}$$

Если ранг матрицы Сильвестра $\Im$ *неполный* и порядок регулятора выбран в соответствии с теоремой, то неизвестный параметр регулятора больше, чем количество уравнений. В этом случае решение содержит свободные парамет-

ры регулятора и записывается в следующем виде: $\Re_1 \Im_1 = \aleph_1$, где $\aleph_1 = \aleph - \overline{\Re}\overline{\Im}$. Общее решение системы линейных уравнений примет вид

$$\Re_1 = \aleph_1 \Im_1^{-1}. \tag{4}$$

По данной теореме замкнутая система управления состоит из правого ПМР объекта и левого ПМР регулятора, степени строк регулятора зависят от строчного индекса ν объекта управления, который находится из левого взаимно простого ПМР объекта со строчно приведенной матрицей «знаменателя» $\tilde{D}(s)$. Иными словами, для полиномиального синтеза регулятора необходимы правое и левое ПМР объекта.

2. СИНТЕЗ РЕГУЛЯТОРОВ

Рассчитаем регуляторы для объектов с меньшим количеством входных величин по сравнению с выходными, задающих желаемые полюса в характеристической матрице замкнутой системы, с использованием полиномиальной методики синтеза. Опишем алгоритм расчета:

– найти правое взаимно простое ПМР объекта со столбцово приведенной матрицей «знаменателя» $D(s)$ и столбцовые степени μ_i, где $i = 1,...,m$;

– найти левое взаимно простое ПМР объекта со строчно приведенной матрицей «знаменателя» $\tilde{D}(s)$ и строчный индекс ν;

– по строчному индексу объекта ν найти минимальные степени строк регулятора, выбрать их;

– определить степень и структуру характеристической полиномиальной матрицы замкнутой системы (ХМЗС) $C(s) = C_0 + C_1 s + ... + C_f s^f$, где $f \triangleq \max(f_i)$, $f_i = m_i + \mu_i$, $i = 1,2,...,m$. Матрица желаемых коэффициентов ХМЗС $\aleph = (C_f, \quad C_f, \quad \ldots, \quad C_1, \quad C_0)$;

– выписать матричные коэффициенты D_i, N_i, где $i = 0,...,\mu$, правого ПМР объекта $D(s) = \sum_{i=0}^{\mu} D_i s^i$, $N(s) = \sum_{i=0}^{\mu} N_i s^i$ и составить матрицу Сильвестра

$$\Im = \mathrm{diag}(G,...,G),$$

где $\mathrm{diag}(G,...,G)$ – блочная диагональная матрица с элементами главной диагонали G и количеством блочных строк, равных порядку регулятора

$n = \max(m_i)$, $\quad i = 1, \ldots, m$, $\quad G = (D^T,\ N^T)^T$, $\quad D = (D_i,\ D_{i-1},\ \ldots,\ D_0)$, $N = (N_i,\ N_{i-1},\ \ldots,\ N_0)$, $i = 0, \ldots, \mu$;

– найти регулятор в зависимости от ранга матрицы Сильвестра по формулам (3) или (4). ***Конец алгоритма.***

Замкнутая система автоматического регулирования имеет размерность $p \times p$, т. е. p заданий на выходные величины и p выходных величин. Далее рассмотрены частные случаи многоканальных объектов с одним входным воздействием и несколькими выходными величинами (*SIMO*). Имея одно входное воздействие, только одна выходная величина может отработать ступенчатый сигнал задания. Эту величину для удобства назовем *внешней выходной величиной*, другие величины назовем *внутренними выходными величинами*. Система автоматического управления строится таким образом, чтобы задания на внутренние выходные величины всегда равнялись нулю, а задание на внешнюю выходную величину выбиралось произвольно.

Пример 1. Объект с одним входом и двумя выходами. Рассчитываемый регулятор матричный, с двумя входами и одним выходом. Замкнутая система управления имеет два задания и два выхода. Первый выход $y_1(s)$ примем внутренней выходной величиной с заданием $v_1(s) = 0$, а второй выход $y_2(s)$ – внешним с произвольным заданием $v_2(s)$, что показано на рис. 2.

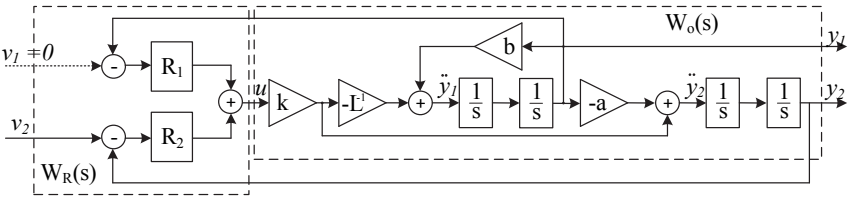

Рис. 2. Система управления с заданием на первый выход $v_1 = 0$ и произвольным заданием на второй выход v_2

Fig. 2. Automatic control system with first reference $v_1 = 0$ and arbitrary reference of v_2

Регулятор рассчитаем по предложенной методике для объекта с неквадратной МПФ при $p = 2$ и $m = 1$, тогда получим регулятор вида $W_R(s) = \left(R_1(s)\ R_2(s)\right)$, как показано на рис. 2, задающий желаемое расположение полюсов в замкнутой системе.

Матричная передаточная функция объекта

$$W_o(s)=\begin{pmatrix} W_1(s) \\ W_2(s) \end{pmatrix}=\begin{pmatrix} \dfrac{k_1}{b-s^2} \\ \dfrac{k_2(Ls^2+a-Lb)}{Ls^2(b-s^2)} \end{pmatrix}.$$

Вынесем общий знаменатель элементов МПФ объекта, который является «знаменателем» правого ПМР объекта. Таким образом, получим

$$D(s)=s^2b-s^4, \quad N(s)=\begin{pmatrix} -k_1s^2 \\ k_2s^2+k_2(aL^{-1}-b) \end{pmatrix},$$

столбцовая степень равна столбцовому индексу, т. е. $\mu_1=\mu=4$.

Выпишем левое ПМР объекта

$$\tilde{D}(s)=\begin{pmatrix} (s^2-b)k_1^{-1} & 0 \\ a(a-Lb)^{-1} & s^2Lk_1(k_2(a-Lb))^{-1} \end{pmatrix}, \quad \tilde{N}(s)=\begin{pmatrix} -1 \\ k_1L(a-Lb)^{-1} \end{pmatrix},$$

строчные степени равны строчному индексу, т. е. $\nu=\nu_1=\nu_2=2$.

Строчные степени регулятора выберем минимальными $m_i=\nu-1$. В данном случае «знаменатель» регулятора скалярный, поэтому выбирается степень регулятора $m_i=\nu-1$, где $i=1,...,m$, $m_1=1$, тогда матричные коэффициенты регулятора первого порядка: $\tilde{X}_1=\begin{pmatrix}\tilde{x}_1^{1,1} & \tilde{x}_1^{1,2}\end{pmatrix}$, $\tilde{X}_0=\begin{pmatrix}\tilde{x}_0^{1,1} & \tilde{x}_0^{1,2}\end{pmatrix}$ и $\tilde{Y}_1=\tilde{y}_1^{1,1}$, $\tilde{Y}_0=\tilde{y}_0^{1,1}$, матрица коэффициентов регулятора $\Re=(\tilde{Y}_1\ \tilde{X}_1\ \tilde{Y}_0\ \tilde{X}_0)$.

Степень характеристической матрицы $f\triangleq\max(f_i)$, $f_i=m_i+\mu_i$, $i=1,2,...,m$ $(f_5=5)$, тогда матрицу желаемых коэффициентов характеристической матрицы выберем в соответствии с $C(s)=(s+q)^5$:

$$\aleph=(1,\ 5q,\ 10q^2,\ 10q^3,\ 5q^4,\ q^5).$$

Матрицы коэффициентов правого ПМР объекта:

$$D_4 = -1\,, \quad D_3 = 0\,, \quad D_2 = b\,, \quad D_1 = 0\,, \quad D_0 = 0\,,$$

$$N_4 = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \quad N_3 = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \quad N_2 = \begin{pmatrix} -k_1 \\ k_2 \end{pmatrix}, \quad N_1 = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \quad N_0 = \begin{pmatrix} 0 \\ k_2(aL^{-1} - b)^{-1} \end{pmatrix}.$$

Сформируем матрицу Сильвестра

$$\Im = \begin{pmatrix} 1 & 0 & -b & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -k_1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & k_2 & 0 & k_2(aL^{-1} - b) & 0 \\ 0 & 1 & 0 & -b & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -k_1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & k_2 & 0 & k_2(aL^{-1} - b) \end{pmatrix},$$

она имеет полный ранг $\operatorname{rank}(\Im) = 6$.

Решаем уравнение $\Re\Im = \aleph$: $\Re = \aleph\Im^{-1}$. Выпишем полученную матричную передаточную функцию регулятора, а также МПФ замкнутой системы при $q = 1$ со следующими параметрами объекта:

$$L = 4\,, \quad b = 5\,, \quad k_1 = 4\,, \quad k_2 = 1\,, \quad a = 10\,, \quad q = 1\,,$$

$$X(s) = \begin{pmatrix} -17s - 35.4 & -0.5(s + 0.2) \end{pmatrix}, \quad Y(s) = s + 5\,,$$

$$W_R(s) = \begin{pmatrix} -\dfrac{17s + 35.4}{s + 5} & -\dfrac{0.5s + 0.1}{(s + 5)} \end{pmatrix}, \tag{5}$$

$$W_{cl}(s) = \frac{1}{10} \begin{pmatrix} \dfrac{s^2(170s + 354)}{(s+1)^5} & \dfrac{s^2(5s + 1)}{(s+1)^5} \\ \dfrac{(10 - 4s^2)(170s + 354)}{(s+1)^5} & \dfrac{(10 - 4s^2)(5s + 1)}{(s+1)^5} \end{pmatrix}.$$

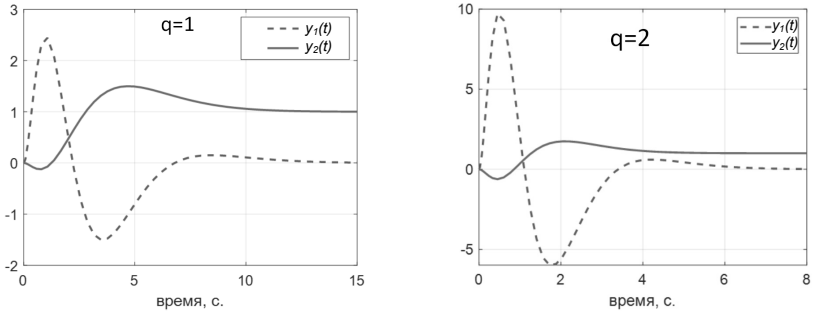

Рис. 3. Графики переходных процессов при $v_2 = 1$ и с корнями характеристического полинома, равными $q = 1$ и $q = 2$

Fig. 3. Graphs of the transient processes with $v_2 = 1$ and the roots of characteristic polynomial $q = 1$ and $q = 2$

Рассчитанный регулятор приводит полюса замкнутой системы к заданным значениям $C(s) = (s+q)^5$. Второй выход отрабатывает задание без ошибки (рис. 3), при этом увеличение быстродействия за счет смещения полюсов левее в комплексной полуплоскости увеличивает перерегулирование и отклонение $y_1 = 0$ от нулевого положения. Показана возможность применения методики для расчета объектов с одним входом и двумя выходами.

Пример 1а. Объект с одним входом и тремя выходами. Преобразуем САУ на рис. 2, добавив еще одну выходную величину, являющуюся производной первого выхода $y_2 = \dot{y}_1$, тогда внешняя выходная величина из примера 1 равняется y_3. В таком случае матричная передаточная функция объекта

$$W_o(s) = \begin{pmatrix} W_1(s) \\ W_2(s) \\ W_3(s) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \dfrac{k_1}{b-s^2} & \dfrac{k_1 s}{b-s^2} & \dfrac{k_2(Ls^2+a-Lb)}{Ls^2(b-s^2)} \end{pmatrix}^T .$$

Вынесем общий знаменатель элементов МПФ объекта, который является «знаменателем» правого ПМР объекта. Таким образом, получим

$$D(s) = s^2 b - s^4, \quad N(s) = \begin{pmatrix} -k_1 s^2 & -k_1 s^3 & k_2 s^2 + k_2(aL^{-1} - b) \end{pmatrix}^T ,$$

столбцовая степень равна столбцовому индексу $\mu_1 = \mu = 4$.

Выпишем левое ПМР объекта:

$$\tilde{D}(s)=\begin{pmatrix} a & 0 & s^2 \\ -s & 1 & 0 \\ -b & s & 0 \end{pmatrix}, \qquad \tilde{N}(s)=\begin{pmatrix} k_2 \\ 0 \\ k_1 \end{pmatrix},$$

строчные степени равны строчному индексу, т. е. $\nu=\nu_1=\nu_2=2$.

Строчные степени регулятора выберем минимальными, в данном случае «знаменатель» регулятора скалярный, поэтому выбирается степень регулятора $m_i=\nu-1$, где $i=1,...,m$, $m_1=1$. Тогда матричные коэффициенты регулятора первого порядка $\tilde{X}_1=\begin{pmatrix}\tilde{x}_1^{1,1} & \tilde{x}_1^{1,2} & \tilde{x}_1^{1,3}\end{pmatrix}$, $\tilde{X}_0=\begin{pmatrix}\tilde{x}_0^{1,1} & \tilde{x}_0^{1,2} & \tilde{x}_0^{1,3}\end{pmatrix}$ и $\tilde{Y}_1=\tilde{y}_1^{1,1}$, $\tilde{Y}_0=\tilde{y}_0^{1,1}$, матрица коэффициентов регулятора $\Re=(\tilde{Y}_1\ \tilde{X}_1\ \tilde{Y}_0\ \tilde{X}_0)$.

Степень характеристической матрицы $f\triangleq\max(f_i)$, $f_i=m_i+\mu_i$, $i=1,2,...,m$ $(f_5=5)$. Тогда матрицу желаемых коэффициентов характеристической матрицы выберем в соответствии с $C(s)=(s+q)^5$:

$$\aleph=(1,\ 5q,\ 10q^2,\ 10q^3,\ 5q^4,\ q^5).$$

Матрицы коэффициентов правого ПМР объекта:

$$D_4=-1,\quad D_3=0,\quad D_2=b,\quad D_1=0,\quad D_0=0,$$

$$N_4=\begin{pmatrix}0\\0\\0\end{pmatrix},\quad N_3=\begin{pmatrix}0\\-k_1\\0\end{pmatrix},\quad N_2=\begin{pmatrix}-k_1\\0\\k_2\end{pmatrix},\quad N_1=\begin{pmatrix}0\\0\\0\end{pmatrix},\quad N_0=\begin{pmatrix}0\\0\\k_2(aL^{-1}-b)^{-1}\end{pmatrix}.$$

Сформируем матрицу Сильвестра, которая имеет размерность 8 × 6 и ранг $\operatorname{rank}(\Im)=6$, т. е. содержит 2 свободных параметра регулятора. Выберем в качестве свободных параметров, например, $\tilde{y}_0^{1,1}$ и $\tilde{x}_1^{1,1}$. Тогда $\overline{\Re}=\begin{pmatrix}\tilde{y}_1^{1,1} & \tilde{x}_1^{1,1}\end{pmatrix}$,

$$\overline{\Im}=\begin{pmatrix}0 & 0 & -k_1 & 0 & 0 & 0\\ 0 & 1 & 0 & -b & 0 & 0\end{pmatrix}.$$

Решаем уравнение $\Re_1 = \aleph_1 \Im_1^{-1}$. Выпишем полученную матричную передаточную функцию регулятора, а также МПФ замкнутой системы при $q = 1$ со следующими параметрами объекта:

$$W_R(s) = \begin{pmatrix} \dfrac{\tilde{x}_1^{1,1} s - 5\tilde{y}_0^{1,1} - 10.4}{s + \tilde{y}_0^{1,1}} & \dfrac{s(\tilde{y}_0^{1,1} - 5) - \tilde{x}_1^{1,1} - 17}{s + \tilde{y}_0^{1,1}} & \dfrac{-(0.5s + 0.1)}{s + \tilde{y}_0^{1,1}} \end{pmatrix},$$

выпишем элемент МПФ замкнутой системы, отвечающий за реакцию выхода y_3 на задание v_3:

$$W_{cl}^{v_3, y_3}(s) = \frac{(10 - 4s^2)(5s + 1)}{(s + 1)^5}.$$

Как видим, он аналогичен элементу МПФ замкнутой системы, отвечающему за реакцию выхода y_2 на задание v_2 из примера 1, поэтому используем свободные параметры для более простого вида регуляторов. Зададим $\tilde{y}_0^{1,1} = 0$ и $\tilde{x}_1^{1,1} = 0$, тогда

$$W_R(s) = \begin{pmatrix} \dfrac{-10.4}{s} & \dfrac{-5s - 17}{s} & \dfrac{-(0.5s + 0.1)}{s} \end{pmatrix},$$

Таким образом, вместо двух регуляторов первого порядка (5) получены П- и ПИ-регуляторы по внутренним выходным величинам и ПИ-регулятор по внешнему выходу. Графики переходного процесса не отличаются от графиков примера 1.

Пример 2. Объект с одним входом и тремя выходами. Произведем расчет регулятора для системы управления с заданиями на первые два выхода, равными нулю: $v_1 = 0$, $v_2 = 0$, и с произвольным заданием на третий выход v_3. Таким образом, замкнутая система управления – 3 задания 3 выходных переменных имеет всегда два нулевых задания [23]:

$$M\ddot{y}_3 = -m_1 g y_1 - m_2 g y_2 + u, \quad l_1 \ddot{y}_1 = g y_1 - \ddot{y}_3, \quad l_2 \ddot{y}_2 = g y_2 - \ddot{y}_3,$$

Структурная схема объекта 1×3 представлена на рис. 4. Отметим, что при равных коэффициентах $m_1 = m_2$ и $l_1 = l_2$ объект неуправляем, поэтому примем следующие ограничения на коэффициенты объекта: $m_1 = m_2 = m_c$, $l_1 \neq l_2$.

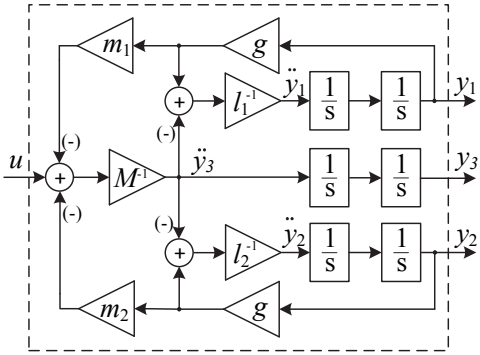

Рис. 4. Структурная схема объекта 1 × 3

Fig. 4. Structural scheme of the 1 × 3 object

Регулятор рассчитаем по предложенной методике для объекта с неквадратной МПФ при $p = 3$ и $m = 1$, тогда получим регулятор вида $W_R(s) = \left(R_1(s)\ \ R_2(s)\ \ R_3(s)\right)$.

Матричная передаточная функция объекта

$$W_o(s) = \begin{pmatrix} \dfrac{n_2^1 s^2 + n_0^1}{s^4 + d_2 s^2 + d_0} & \dfrac{n_2^2 s^2 + n_0^2}{s^4 + d_2 s^2 + d_0} & \dfrac{1}{s^2}\dfrac{n_4^3 s^4 + n_2^3 s^2 + n_0^3}{s^4 + d_2 s^2 + d_0} \end{pmatrix}^T,$$

$$h_0 = (b_1(a_{21}a_{32} - a_{22}a_{31}) + b_2(a_{12}a_{31} - a_{11}a_{32}) + b_3(a_{11}a_{22} - a_{12}a_{21})),$$

$$d_0 = a_{11}a_{22} - a_{12}a_{21}, \quad h_1 = a_{31}b_1 + a_{32}b_2 - b_3(a_{11} + a_{22}), \quad d_2 = -(a_{11} + a_{22}),$$

$$n_2^1 = b_1, \quad n_0^1 = a_{12}b_2 - a_{22}b_1, \quad n_2^2 = b_2, \quad n_0^2 = a_{21}b_1 - a_{11}b_2, \quad n_4^3 = b_3,$$

$$n_2^3 = h_1, \quad n_0^3 = h_0, \quad b_1 = -(Ml_1)^{-1}, \quad b_2 = -(Ml_2)^{-1}, \quad b_3 = M^{-1},$$

$$a_{11} = -(Mg + m_c g)b_1, \quad a_{31} = a_{32} = -m_c g b_3, \quad a_{12} = -m_c g b_2,$$

$$a_{21} = -m_c g b_1, \quad a_{22} = -(Mg + m_c g)b_2.$$

Вынесем общий знаменатель элементов МПФ объекта, который является «знаменателем» правого ПМР объекта. Таким образом, получим

$$D(s) = s^6 + d_2 s^4 + d_0 s^2, \quad N(s) = \begin{pmatrix} n_2^1 s^4 + n_0^1 s^2 \\ n_2^2 s^4 + n_0^2 s^2 \\ n_4^3 s^4 + n_2^3 s^2 + n_0^3 \end{pmatrix},$$

столбцовая степень равна столбцовому индексу $\mu_1 = \mu = 6$.

Выпишем левое ПМР объекта

$$\tilde{D}(s) = \begin{pmatrix} Ml_1 s^2 - m_c - Mg & -m_c & 0 \\ -m_c & Ml_2 s^2 - m_c - Mg & 0 \\ gm_c & gm_c & Ms^2 \end{pmatrix}, \quad \tilde{N}(s) = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix},$$

строчные степени равны строчному индексу, т. е. $\nu = \nu_1 = \nu_2 = \nu_3 = 2$.

Строчные степени регулятора выберем минимальными: $m_i = \nu - 1$, $m_1 = 1$. Тогда матричные коэффициенты регулятора первого порядка $\tilde{X}_1 = \begin{pmatrix} \tilde{x}_1^{1,1} & \tilde{x}_1^{1,2} & \tilde{x}_1^{1,3} \end{pmatrix}$, $\tilde{X}_0 = \begin{pmatrix} \tilde{x}_0^{1,1} & \tilde{x}_0^{1,2} & \tilde{x}_0^{1,3} \end{pmatrix}$ и $\tilde{Y}_1 = \tilde{y}_1^{1,1}$, $\tilde{Y}_0 = \tilde{y}_0^{1,1}$, матрица коэффициентов регулятора $\Re = (\tilde{Y}_1 \ \tilde{X}_1 \ \tilde{Y}_0 \ \tilde{X}_0)$.

Степень характеристической матрицы $f \triangleq \max(f_i)$, $f_i = m_i + \mu_i$, $i = 1, 2, ..., m$ $(f_7 = 7)$, тогда матрицу желаемых коэффициентов характеристической матрицы выберем в соответствии с $C(s) = (s+q)^7$:

$$\aleph = (1,\ 7q,\ 21q^2,\ 35q^3,\ 35q^4,\ 21q^5,\ 7q^6,\ q^7).$$

Матрицы коэффициентов правого ПМР объекта:

$$D_6 = 1, \quad D_5 = 0, \quad D_4 = d_2, \quad D_3 = 0, \quad D_2 = d_0, \quad D_1 = 0, \quad D_0 = 0,$$

$$N_6 = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \quad N_5 = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \quad N_4 = \begin{pmatrix} n_2^1 \\ n_2^2 \\ n_4^3 \end{pmatrix}, \quad N_3 = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \quad N_2 = \begin{pmatrix} n_0^1 \\ n_0^2 \\ n_2^3 \end{pmatrix},$$

$$N_1 = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \quad N_0 = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ n_0^3 \end{pmatrix}.$$

Сформируем матрицу Сильвестра, она имеет полный ранг $rank(\Im) = 8$.

Решаем уравнение $\Re\Im = \aleph$: $\Re = \aleph\Im^{-1}$. Выпишем полученную матричную передаточную функцию регулятора, а также МПФ замкнутой системы при $q = 1$ со следующими параметрами объекта:

$$M = 10, \quad m_c = 1, \quad L_1 = 1, \quad L_2 = 2, \quad g = 10,$$

$$\tilde{X}(s) = 410^{-1}(-(283\ 821s + 881\ 163),\ 272\ 612s + 60\ 5916,\ 700s + 100),$$
$$\tilde{Y}(s) = s + 7.$$

Задания на первую и вторую выходные величины равны нулю, поэтому для описания поведения синтезированной системы достаточно использовать только третий столбец МПФ замкнутой системы $W_{cl}(s) = \{W_{i,j}(s)\}$, $i, j = 1, 2, 3$, элементы которой приведены ниже:

$$W_{1,3} = \frac{(5 - s^2)s^2 A(s)}{10(s+1)^7}, \quad W_{2,3} = \frac{(10 - s^2)s^2 A(s)}{20(s+1)^7},$$

$$W_{3,3} = \frac{(7s + 10)(20s^4 - 273s^2 + 820)}{82\ 000(s+1)^7},$$

где $A(s) = (70s^2 + 10)41^{-1}$.

На рис. 5 показаны графики переходных процессов для двух вариантов задания кратных корней характеристической матрицы при $q = 1$ и $q = 2$.

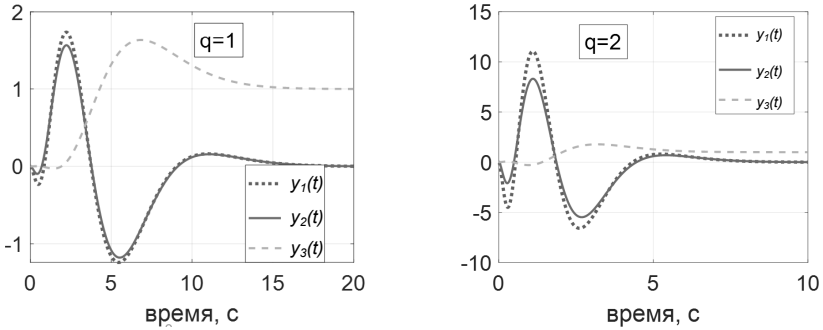

Рис. 5. Графики переходных процессов при $v_3 = 1$ и с корнями характеристического полинома, равными $q = 1$ и $q = 2$

Fig. 5. Graphs of the transient processes with $v_3 = 1$ and the roots of characteristic polynomial $q = 1$ and $q = 2$

По предложенной методике расчета регуляторов для объектов с неквадратной МПФ получены регуляторы, задающие желаемые полюса ХМЗС $C(s) = (s+q)^7$. Внешняя выходная величина отрабатывается без ошибки, при этом увеличение быстродействия, за счет смещения полюсов левее, увеличивает перерегулирование внутренних выходных величин.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Приведены иллюстративные примеры объектов с меньшим количеством входов по сравнению с выходами, для которых полиномиальным методом синтеза рассчитаны регуляторы, задающие полюсам замкнутой системы желаемое расположение. На примерах 1 и 2, которые являются объектами с одним входом и двумя/тремя выходами соответственно, показана возможность применения полиномиальной методики для многоканальных объектов с меньшим количеством входов по сравнению с выходами. САУ с рассчитанными регуляторами позволяет отрабатывать произвольное задание на внешнюю выходную величину с астатизмом первого порядка при стабилизации в нулевом положении внутренних выходных величин. На **примере 1а** показана возможность увеличения числа выходных величин объекта из **примера 1** за счет принятия выходной величиной производной первого выхода $y_2 = \dot{y}_1$, которую можно интерпретировать как датчик измерения про-

изводной первой выходной величины объекта. Таким образом, модель объекта размерностью 1 × 2 может быть представлена моделью объекта размерностью 1 × 3.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Александров А.Г.* Синтез регуляторов многомерных систем: учебник. – М.: Машиностроение, 1986. – 271 с.

2. *Бесекерский В.А. Попов Е.П.* Теория систем автоматического управления: учебник. – 4-е изд., перераб. и доп. – СПб.: Профессия, 2003. – 752 с.

3 *Vidyasagar M.* Control system synthesis: a factorization approach. Pt. 1. – Morgan and Claypool Publishers, 2011. – 184 p.

4. *Vidyasagar M.* Control system synthesis: a factorization approach. Pt. 2. – Morgan and Claypool Publishers, 2011. – 227 p.

5. *Antsaklis P.J., Anthony M.N.* Linear systems. – New York: McGraw-Hill, 1997. – 670 p.

6. *Ким Д.П.* Теория автоматического управления. Т. 1. Линейные системы: учебное пособие. – М.: Физматлит, 2003. – 288 с.

7. *Шрейнер Р.Т.*, *Востриков А.С., Сарапулов Ф.Н.* Системы подчиненного регулирования электроприводов. Ч. 1: учебное пособие. – Екатеринбург: Изд-во УГТУ-УПИ, 1997. – 279 с.

8. *Буков В.Н., Максименко И.М., Рябченко В.Н.* Регулирование многосвязных систем // Автоматика и телемеханика. – 1998. – № 6. – С. 97–110.

9. *Воевода А.А. Бобобеков К.М., Филюшов В.Ю.* Полиномиальный метод синтеза для объекта с двумя входами и одним выходом // Сборник научных трудов НГТУ. – 2019. – № 3–4 (96). – С. 17–32.

10. *Воевода А.А., Филюшов В.Ю.* Полиномиальное матричное разложение при синтезе неквадратных САУ // Системы анализа и обработки данных. – 2021. – № 1 (81). – С. 21–38.

11. *Воевода А.А., Филюшов В.Ю.* Многоконтурная система подчиненного регулирования в многоканальном неквадратном представлении // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. – 2021. – № 2 (76). – С. 90–101.

12. *Voevoda A.A., Filiushov V.Yu.* Polynomial matrix synthesis method of a subordinate control system // Actual Issues of Architecture and Civil Engineering. – Novosibirsk: Sibstrin, 2021. – P. 525–528.

13. *Буков В.Н., Рябченко В.Н.* Вложение систем. Синтез регуляторов // Автоматика и телемеханика. – 2000. – № 7. – С. 3–14.

14. *Буков В.Н.* Аналитический подход к анализу и синтезу матричных систем // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2006. – № 3. – С. 41–48.

15. *Буков В.Н., Косьянчук В.В., Рябченко В.Н.* Вложение систем. Полиномиальные уравнения // Автоматика и телемеханика. – 2002. – № 7. – С. 12–23.

16. *Voevoda A.A., Shipagin V.I., Filiushov V.Yu*. Multichannel control synthesis for the plant with three input and two output channels using polynomial matrix decomposition // 2021 IEEE World AI IoT Congress (AIIoT). – USA, Seatle, 2021. – P. 446–451.

17. *Воевода А.А., Шипагин В.И.* Пример полиномиального синтеза регулятора для неквадратного объекта с одним входом и двумя выходами // Сборник научных трудов НГТУ. – 2020. – № 4 (98). – С. 7–20.

18. *Castillo P., Lozano R., Dzul A.E.* Modelling and control of mini-flying machines. – Springer, 2005. – 251 p.

19. *Jelali M., Kroll A.* Hydraulic servo systems: modelling, identifications and control. – Springer, 2004. – 380 p.

20. *Spong M.W., Hutchinson S., Vidyasagar M.* Robot modelling and control. – John Willey and Sons, 2005. – 496 p.

21. *Chen C.T.* Linear system theory and design. – 2-nd ed. – New York: Oxford University Press, 1999. – 334 p.

22. *Бобобеков К.М.* Полиномиальный метод синтеза многоканальных регуляторов с использованием матрицы Сильвестра: дис. … канд. техн. наук: 05.13.01. – СПб., 2019. – 168 с.

23. *Kailath T.* Linear systems. – Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1980. – 350 p.

Воевода Александр Александрович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры автоматики Новосибирского государственного технического университета. Основное направление научных исследований – управление многоканальными объектами. Имеет более 300 публикаций. E-mail: ucit@ucit.ru

Филюшов Владислав Юрьевич, аспирант кафедры автоматики Новосибирского государственного технического университета. Основное направление научных исследований – теория автоматического управления. Имеет более 30 публикаций. E-mail: filiushov.vladislav@gmail.com

Шипагин Виктор Игоревич, аспирант кафедры автоматики Новосибирского государственного технического университета. В настоящее время специализируется в области синтеза систем управления техническими системами. E-mail: shipagin@mail.ru

DOI: 10.17212/2782-2230-2021-3-21-42

Polynomial method for the synthesis of regulators for the special case of multichannel objects with one input variable and several output values*

A.A. Voevoda[1], V.Yu. Filiushov[2], V.I. Shipagin[3]

[1] *Novosibirsk State Technical University, 20 K. Marx Prospekt, Novosibirsk,630073, Russian Federation, D. Sc. (Eng.), professor. E-mail: ucit@ucit.ru*
[2] *Novosibirsk State Technical University, 20 K. Marx Prospekt, Novosibirsk, 630073, Russian Federation, the post-graduate student of Department "Automatics". E-mail: filiushov.vladislav@gmail.com*
[3] *Novosibirsk State Technical University, 20 K. Marx Prospekt, Novosibirsk, 630073, Russian Federation, the post-graduate student of Department "Automatics". E-mail: shipagin@mail.ru*

Currently, an urgent task in control theory is the synthesis of regulators for objects with a smaller number of input valuescompared to output ones, such objects are described by matrix transfer functions of a non-square shape. A particular case of a multichannel object with one input variable and two / three / four output variables is considered; the matrix transfer function of such an object has not a square shape, but one column and two / three / four rows. To calculate the controllers, a polynomial synthesis technique is used, which consists in using a polynomial matrix description of a closed-loop control system. A feature of this approach is the ability to write the characteristic matrix of a closed multichannel system through the polynomial matrices of the object and the controller in the form of a matrix Diophantine equation. By solving the Diophantine equation, the desired poles of the matrix characteristic polynomial of the closed system are set. There are many options for solving the Diophantine equation and one of them is to represent the polynomial matrix Diophantine equation as a system of linear algebraic equations in matrix form, where the matrix of the system is the Sylvester matrix. The choice of the order of the polynomial matrix controller and the order of the characteristic matrix is carried out on the basis of the theorem given in the works of Chi-Tsong Chen, which always holds for controlled objects. If the minimum order of the controller is chosen in accordance with this theorem, and the Sylvester matrix has not full rank, then this means that there are more unknown elements in the system of linear algebraic equations than there are equations. In this case, the solution corresponding to the selected basic minor has free parameters, which are the parameters of the regulators. Free parameters of regulators can be set arbitrarily, which is used to set or exclude some zeros in a closed system. Thus, using various examples of objects with a non-square matrix transfer function, a polynomial synthesis technique is illustrated, which allows not only specifying the poles of a closed system, but also some zeros, which is a significant advantage, especially when synthesizing controllers for multichannel objects.

Keywords: polynomial matrix decomposition, polynomial synthesis technique, multichannel object, Diophantine equation, Silvery matrix, non-square matrix transfer function, calculation of regulators, control theory

* *Received 30 June 2021.*

REFERENCES

1. Aleksandrov A.G. *Sintez regulyatorov mnogomernykh sistem* [Regylator synthesis of multivariable systems]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1986. 271 p.

2. Besekerskii V.A. Popov E.P. *Teoriya sistem avtomaticheskogo upravleniya* [Control system theory]. 4th ed. St. Petersburg, Professiya Publ., 2003. 752 p.

3 Vidyasagar M. *Control system synthesis: a factorization approach*. Pt. 1. Morgan and Claypool Publishers, 2011. 184 p.

4. Vidyasagar M. *Control system synthesis: a factorization approach*. Pt. 2. Morgan and Claypool Publishers, 2011. 227 p.

5. Antsaklis P.J., Anthony M.N. *Linear systems*. New York, McGraw-Hill, 1997. 670 p.

6. Kim D.P. *Teoriya avtomaticheskogo upravleniya*. T. 1. *Lineinye sistemy* [The theory of automatic control. Vol. 1. Linear systems]. Moscow, Fizmatlit Publ., 2003. 288 p.

7. Shreiner R.T., Vostrikov A.S., Sarapulov F.N. *Sistemy podchinennogo regulirovaniya elektroprivodov*. Ch. 1 [Subordinate control systems. Pt. 1]. Ekaterinburg, UGTU-UPI Publ., 1997. 279 p.

8. Bukov V.N., Maksimenko I.N., Ryabchenko V.N. Regulation of multivariable systems. *Avtomatika i telemekhanika = Automation and Remote Control*, 1998, no. 6, pp. 97–110. (In Russian).

9. Voevoda A.A., Bobobekov K.M., Filiushov V.Yu. Polinomial'nyi metod sinteza dlya ob"ekta s dvumya vkhodami i odnim vykhodom [Polynomial synthesis method for objects with two inputs and one output]. *Sbornik nauchnykh trudov Novosibirskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta = Transaction of scientific papers of the Novosibirsk state technical university*, 2019, no. 3–4 (96), pp. 17–32.

10. Voevoda A.A., Filyushov V.Yu. Polinomial'noe matrichnoe razlozhenie pri sinteze nekvadratnykh SAU [Polynomial matrix decomposition for the synthesis of non-square control systems]. *Sistemy analiza i obrabotki dannykh = Analysis and data processing systems*, 2021, no. 1 (81), pp. 21–38.

11. Voevoda A.A., Filyushov V.Yu. Mnogokonturnaya sistema podchinennogo regulirovaniya v mnogokanal'nom nekvadratnom predstavlenii [Multiloop subordinate control system in the non-square multivariable representation]. *Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo radiotekhnicheskogo universiteta = Vestnik of Ryazan State Radio Engineering University*, 2021, no. 2 (76), pp. 90–101.

12. Voevoda A.A., Filiushov V.Yu. Polynomial matrix synthesis method of a subordinate control system. *Actual Issues of Architecture and Civil Engineering*. Novosibirsk, Sibstrin Publ., 2021, pp. 525–528.

13. Bukov V.N., Ryabchenko V.N. Vlozhenie sistem. Sintez regulyatorov [Embedding of systems. Synthesis of controllers]. *Avtomatika i telemekhanika = Automation and Remote Control*, 2000, no. 7, pp. 3–14. (In Russian).

14. Bukov V.N. Analiticheskii podkhod k analizu i sintezu matrichnykh sistem [Analytical approach for analysis and synthesis of matrix systems]. *Izvestiya Yuzhnogo federal'nogo universiteta. Tekhnicheskie nauki = Izvestiya Southem Federal University. Engineering sciences*, 2006, no. 3, pp. 41–48.

15. Bukov V.N., Kos'yanchuk V.V., Ryabchenko V.N. Vlozhenie sistem. Polinomial'nye uravneniya [System Embedding. Polynomial Equations]. *Avtomatika i telemekhanika = Automation and Remote Control*, 2002, no. 7, pp. 12–23. (In Russian).

16. Voevoda A.A., Shipagin V.I., Filiushov V.Yu. Multichannel control synthesis for the plant with three input and two output channels using polynomial matrix decomposition. *2021 IEEE World AI IoT Congress (AIIoT)*, USA, Seatle, 2021, pp. 446–451.

17. Voevoda A.A., Shipagin V.I. Primer polinomial'nogo sinteza regulyatora dlya nekvadratnogo ob"ekta s odnim vkhodom i dvumya vykhodami [Example of polynomial controller synthesis for a non-square object with one input and two outputs]. *Sbornik nauchnykh trudov Novosibirskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta = Transaction of scientific papers of the Novosibirsk state technical university*, 2020, no. 4 (98), pp. 7–20.

18. Castillo P., Lozano R., Dzul A.E. *Modelling and control of mini-flying machines*. Springer, 2005. 251 p.

19. Jelali M., Kroll A. *Hydraulic servo systems: modelling, identifications and control*. Springer, 2004. 380 p.

20. Spong M.W., Hutchinson S., Vidyasagar M. *Robot modelling and control*. John Willey and Sons, 2005. 496 p.

21. Chen C.T. *Linear system theory and design*. 2nd ed. New York, Oxford University Press, 1999. 334 p.

22. Bobobekov K.M. *Polinomial'nyy metod sinteza mnogokanal'nykh regulyatorov s ispol'zova-niem matritsy Sil'vestra*. Diss. kand. tekhn. nauk [Polynomial control method for multichannel dynamic system by Silvester matrix. PhD eng. sci. diss.]. St. Petersburg, 2019. 168 p.

23. Kailath T. *Linear systems.* Englewood Cliffs, NJ, Prentice Hall, 1980. 350 p.

Для цитирования:

Воевода А.А., Шипагин В.И., Филюшов В.Ю. Полиномиальный метод синтеза регуляторов для частного случая многоканальных объектов с одной входной переменной и несколькими выходными // Безопасность цифровых технологий. – 2021. – № 3 (102). С. 21–42. – DOI: 10.17212/2782-2230-2021-3-21-42.

Forcitation:

Voevoda A.A., Shipagin V.I., Filiushov V.Yu. Polinomial'nyi metod sinteza regulyatorov dlya chastnogo sluchaya mnogokanal'-nykh ob"ektov s odnoi vkhodnoi peremennoi i neskol'kimi vykhodnymi [Polynomial method for the synthesis of regulators for the special case of multichannel objects with one input variable and several output values]. *Bezopasnost' tsifrovykh tekhnologii = Digital Technology Security*, 2021, no. 3 (102), pp. 21–42. DOI: 10.17212/2782-2230-2021-3-21-42.

БЕЗОПАСНОСТЬ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ. – 2021. – № 3 (102). – 43–56

МЕТОДЫ И СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ, ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

УДК 004.85 DOI: 10.17212/2782-2230-2021-3-43-56

МЕТОДОЛОГИЯ ПОСТРОЕНИЯ НЕЙРОННОЙ НЕЧЕТКОЙ СЕТИ В ОБЛАСТИ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ*

А.Б. АРХИПОВА[1], П.А. ПОЛЯКОВ[2]

[1] *630073, РФ, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, Новосибирский государственный технический университет, кандидат технических наук, доцент кафедры защиты информации. E-mail: arhipova@corp.nstu.ru*
[2] *630073, РФ, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, Новосибирский государственный технический университет, лаборант кафедры защиты информации. E-mail: ctf@corp.nstu.ru*

В настоящей работе предлагается использование гибридных моделей на основе нейронных сетей и нечетких систем для построения интеллектуальных систем обнаружения вторжения, основанных на теории нечетких правил. Представленная система сможет генерировать правила на основе результатов с использованием нечетких логических нейронов. Чтобы избежать перенасыщения и способствовать в определении необходимой топологии сети, обучающие модели, основанные на экстремальной обучающей машине и теории регуляризации, будут использоваться для поиска наиболее значимых нейронов. Рассмотрен тип кибератаки SQL-инъекция, которая активно использует ошибки в системах, имеющие связь с базой данных через SQL-команды, и по этой причине считается разновидностью прямолинейной атаки. Архитектура нечеткой нейронной сети, используемой при обнаружении атак SQL-инъекций, представляет собой многокомпонентную структуру. Первые два слоя модели рассматривают как систему нечеткого вывода, способную извлекать знания из данных и преобразовывать их в нечеткие правила. Эти правила помогают построить автоматизированные системы для обнаружения атак SQL-инъекций. Третий слой состоит из простого нейрона, который имеет функцию активации, называемую ReLU с утечкой. Первый слой состоит из нечетких нейронов, активационные функции которых являются гауссовыми функциями принадлежности нечетких множеств, определенных в соответствии с разбиением входных переменных. Методика использует понятие простой линейной регрессионной модели, позволяющей решить задачу выбора наилучших подмножеств нейронов. Для выполне-

* Статья получена 20 июня 2021 г.

ния выбора модели в статье был применен широко используемый алгоритм наименьшей угловой регрессии (LARS).

Ключевые слова: нечеткое множество, нечеткая нейронная сеть, информационная безопасность, нейронная агрегационная сеть, атаки SQL-инъекций значимых нейронов, модель обнаружения кибератак, система нечеткого вывода, функция принадлежности

ВВЕДЕНИЕ

С глобализацией и ростом зависимости общества от программных систем информация и данные, имеющие первостепенное значение для компаний и частных лиц по всему миру, мгновенно перемещаются через Интернет, привлекая внимание киберпреступников, когда они стремятся вторгнуться в системы или перехватить информацию для использования в своих интересах или во вред организациям, на которые они нападают, что делает последствия таких атак всё более влиятельными [3].

В настоящей работе предлагается использование гибридных моделей на основе нейронных сетей и нечетких систем для построения интеллектуальных систем обнаружения вторжения, основанных на нечетких правилах. Представленная система сможет генерировать правила на основе результатов с использованием нечетких логических нейронов. Чтобы избежать перенасыщения и поспособствовать в определении необходимой топологии сети, обучающие модели, основанные на экстремальной обучающей машине и теории регуляризации, будут использоваться для поиска наиболее значимых нейронов.

1. ПОНЯТИЕ НЕЧЕТКОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

Нейронная сеть – математическая модель, а также ее программное или аппаратное воплощение, построенные по принципу организации и функционирования биологических нейронных сетей – сетей нервных клеток живого организма [9].

Искусственные нейронные сети начинались как попытка использовать архитектуру человеческого мозга для выполнения задач, с которыми обычные алгоритмы не имели большого успеха. Вскоре они переориентировались на улучшение эмпирических результатов, в основном отказавшись от попыток оставаться верными своим биологическим предшественникам. Нейроны соединены друг с другом различными паттернами, чтобы выход одних нейронов стал входом для других. Сеть образует направленный, взвешенный граф.

Искусственные нейронные сети состоят из искусственных нейронов, которые сохраняют биологическую концепцию нейронов, получают входные данные, объединяют входные данные со своим внутренним состоянием (акти-

вацией) и дополнительным порогом с помощью функции активации, производят выходные данные с помощью функции вывода. Исходными данными являются внешние данные, такие как изображения и документы. Конечные результаты выполняют такую задачу, как, например, распознавание объекта в изображении. Важной характеристикой активационной функции является то, что она обеспечивает плавный дифференцируемый переход при изменении входных значений, т. е. небольшое изменение на входе приводит к небольшому изменению на выходе.

Искусственные нейронные сети широко применяются в различных областях. Так, например, современные компании применяют машинное обучение, чтобы ставить диагнозы лучше и быстрее, чем люди. Одна из самых известных медицинских технологий – IBM Watson. Она понимает естественный язык и может отвечать на вопросы, которые ему задают. Созданная система получает данные от пациентов и из прочих доступных источников для формирования гипотезы заболевания, которую затем проверяет с помощью схемы оценки достоверности. Целый ряд технологий искусственного интеллекта также используется для прогнозирования, борьбы и понимания пандемий, таких как COVID-19 [4–7, 9].

Алгоритмы машинного обучения интегрируются в платформы аналитики и управления взаимоотношениями с клиентами, чтобы выявить информацию о том, как лучше обслуживать клиентов. Чат-боты были включены в веб-сайты, чтобы обеспечить немедленное обслуживание клиентов. Автоматизация рабочих мест также стала предметом обсуждения среди ученых и IT-аналитиков [9].

Процесс изучения различных законов и прав часто является подавляющим для людей, но использование искусственного интеллекта для автоматизации трудоемких процессов юридической отрасли позволяет экономить время и улучшать обслуживание клиентов. Юридические фирмы используют машинное обучение для описания данных и прогнозирования результатов, компьютерное зрение для классификации и извлечения информации из документов и обработку естественного языка для интерпретации запросов на информацию [7].

2. МЕТОДОЛОГИЯ ПОСТРОЕНИЯ НЕЙРОННОЙ НЕЧЕТКОЙ СЕТИ

Модель обнаружения кибератак изначально была предложена для классификации бинарных паттернов. Эта модель представляет собой объединение понятий моделей, введенных в работах [10, 11]. На рис. 1 показана архитектура нечеткой нейронной сети, используемой при обнаружении атак SQL-инъекций. Первые два слоя модели рассматриваются как система нечеткого вывода, способная извлекать знания из данных и преобразовывать их в нечет-

кие правила. Эти правила помогают построить автоматизированные системы для обнаружения атак SQL-инъекций. По-разному рассмотренный в [10] третий слой состоит из простого нейрона, который имеет функцию активации по методике, предложенной в [12], называемой ReLU с утечкой.

Первый слой состоит из нечетких нейронов, активационные функции которых являются гауссовыми функциями принадлежности нечетких множеств, определенных в соответствии с разбиением входных переменных.

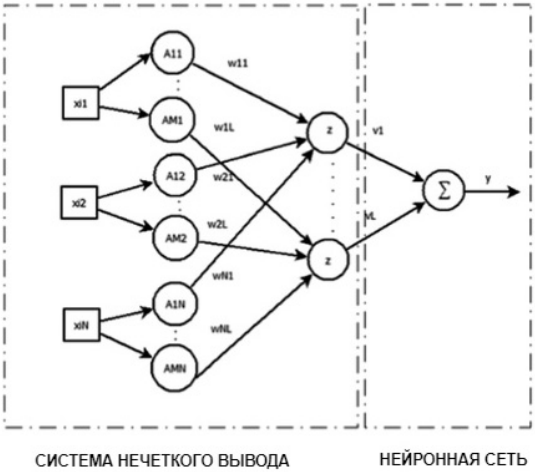

Рис. 1. Архитектура нечеткой нейронной сети

Fig. 1. Fuzzy neural network architecture

Для каждого входного сигнала переменная x_{ij} определяет M как нечеткое множество A^m, где m изменяется от 1 до M, чьи функции принадлежности – это функции активации соответствующих нейронов. Таким образом, атаки с использованием SQL-инъекции являются степенями устойчивости, связанными с входными значениями, то есть $a_j = \mu_m^A$, где j изменяется от 1 до N, m от 1 до M; N – количество входных данных, а M – количество нечетких множеств для каждой входной переменной [10–12]. Для нейронов первого слоя значения смещения и синоптических весов определяются случайным образом в интервале [0, 1].

В настоящей работе мы будем использовать суммарные комбинации нечетких множеств, генерируемых для каждой переменной, когда $N \le 6$. Когда N имеет более высокие числовые значения, мы выполняем случайный выбор

функции принадлежности для каждой входной переменной, где M в этом случае будет в два раза больше значения входного пространства выборок, ограниченного 500 функциями принадлежности. Затем используем SQL-инъекции фаззинейронов модели для определения количества нейронов-кандидатов L_c, представляющих процент от L, где $L_c < L$. По определению, когда $L < 200$, $L_c = 100\ \% L$, в противном случае выбранный коэффициент поможет выбрать нейроны-кандидаты. Этот процент позволяет выбрать наиболее существенные нейроны первого слоя [11].

Второй слой состоит из L_c нечетких нейронов, где выделяется юнинейрон, предложенный в работе [13]. Каждый нейрон выполняет взвешенную сумму некоторых выходов (не всех из-за метода отбора нейронов) первого слоя наряду со смещением и случайно определенными весами юнинейронов [10]. Логические нейроны – это функциональные единицы, которые сочетают логические аспекты обработки с обучаемостью через систему нечетких правил. Их можно рассматривать как многомерные нелинейные преобразования между единичными гиперкубами, $[0,1] \to [0,1]^n$ [10]. Таким образом, нейроны «И» и «ИЛИ» (рис. 2) обновляют значения нечетким вычислением $a = [a_1,\ a_2, ...,\ a_3]$, первоначально комбинируя их по отдельности с их весами $w = [w_1,\ w_2, ...,\ w_3]$ так, что $a,\ w \in [0,1]^n$ для объединения результатов следующим образом [12]:

$$z = or(a,\ w) = S_{i=1}^{N}(a_i s w_i)\ , \tag{1}$$

$$z = and(a,\ w) = T_{i=1}^{N}(a_i t w_i)\ , \tag{2}$$

где T и t – это T-нормы (произведение), а S и s – это S-нормы (вероятностная сумма).

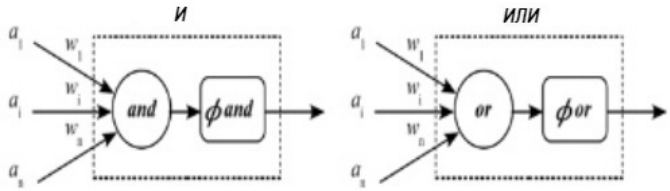

Рис. 2. Схематическое изображение нейронов «И» и «ИЛИ»

Fig. 2. Schematic representation of neurons "AND" and "OR"

U-норма – это обобщение *T*-норм и *S*-норм путем ослабления ограничений, связанных с нейтральными элементами. Вместо значений «0» и «1» для *t*-нормы и *s*-нормы соответственно нейтральному элементу разрешается принимать значения в единичном интервале. Одной из главных характеристик *U*-норм является то, что он больше не имеет так называемого нейтрального элемента, который теперь называется элементом личности [13]. Через этот элемент личности *U*-нормы расширяют *T*-нормы и *S*-нормы с помощью различных значений $g \in [0;1]$, что позволяет чередование *S*-нормы ($g = 0$) и *T*-нормы ($g = 1$) [13]. Формально *U*-норма выражается в виде

$$U(x, y) = \begin{cases} gT\left(\dfrac{x}{g}, \dfrac{y}{g}\right), & \text{если } x, y \in [0; g), \\ g + (1-g)S\left(\dfrac{x-g}{1-g}, \dfrac{y-g}{1-g}\right), & \text{если } x, y \in (g, 1], \\ \max(x, y) \text{ ИЛИ } \min(x, y), & \text{иначе.} \end{cases} \quad (3)$$

Унинейрон использует понятия *U*-норм для выполнения более упрощенных операций в соответствии с функциями активации нечетких нейронов. Его формализация позволяет унинейрону использовать понятия либо нейрона «И», либо нейрона «ИЛИ». В [13] объясняются важные понятия об унинейроне. Обработка нейронов происходит на двух уровнях. На первом уровне локаций L_1 входные сигналы объединяются индивидуально с весами. Во втором уровне L_2, глобальном, выполняется глобальная операция суммирования по результатам всех комбинаций первого уровня. Традиционные логические нейроны используют *T*-нормы и *S*-нормы для выполнения описанных операций.

Учитывая набор пар $\Omega(a_i, w_i)$, при входном сигнале $a_i \in [0;1]$ и выходном $w_i \in [0;1]$ для выполнения взвешенной агрегации следует выполнить следующие шаги [13]:

1) преобразование каждый пары $\Omega(a_i, w_i)$ в единственное значение:

$$b_i = h(a_i, w_i);$$

2) вычисление единой агрегации преобразованных значений

$$U(b_1,\ b_2,\ldots,\ b_m)\ ,$$

где m – это количество входов.

Функция h отвечает за преобразование входных данных и соответствующих весов в индивидуальные преобразованные значения [13]:

$$h(w,\ a) = wa + wg\ . \tag{4}$$

Используя взвешенную агрегацию, можем записать унинейрон следующим образом:

$$z = uni(x,\ w,\ g) = U_{i=1}^{N}(x_i,\ w_i)\ . \tag{5}$$

Нечеткие правила могут быть извлечены через топологию сети в сочетании с унинейрон-логическими нейронами.

После определения нейронов-кандидатов окончательная архитектура сети определяется с помощью выбора подмножества этих нейронов. При выполнении этой процедуры реализуется оптимальное подмножество значений, которое можно рассматривать как задачу выбора переменной, возвращающей наиболее значимые нейроны L_c на основе функции затрат [10]. Аналогично можем интерпретировать этот выбор как выбор наилучшего набора правил, способных представлять входное пространство. Алгоритм обучения предполагает, что атака SQL-инъекции второго слоя нечеткой нейронной сети, состоящей из всех наиболее значимых нейронов L_c, может быть записана в виде

$$f(x_i) = \sum_{i=0}^{L_s} v_i z_i(x_i) = z(x_i)v\ , \tag{6}$$

где $v = [v_0,\ v_1,\ v_2,\ldots,\ v_{L_s}]$ – вектор-столбец весов слоя атаки SQL-инъекции, $z(x_i) = \left[z_0,\ z_1(x_i),\ z_2(x_i),\ldots,\ z_{L_s}(x_i)\right]$ – вектор-строка аргументов второго слоя. В этом контексте $z(x_i)$ рассматривается как нелинейное отображение записи для $(L_s + 1)$-мерных нечетких признаков, выполняемое с использованием выбранных нейронов, поскольку весам, которые связываются с двумя первыми слоями, присваивается случайная форма, а единственными параметрами являются веса SQL-инъекции. Уравнение (6) может быть рассмотрено

как простая линейная регрессионная модель, позволяющая решить задачу выбора наилучших подмножеств нейронов, которые будут идеализированы как модель линейной регрессии для задач выбора [14]. Для выполнения выбора модели был применен широко используемый алгоритм наименьшей угловой регрессии (LARS) [15]. LARS – это регрессионный алгоритм для данных, способный оценить не только коэффициенты регрессии, но и подмножество кандидатов-регрессоров, которые должны быть включены в окончательную модель. Для оценки набора из K различных выборок (x_i, y_i), где $x_i = [x_{i1},\ x_{i2}, \ldots,\ x_{iN}]$, $xx_i, y_i \in \mathbb{R}$, а $i = 1, \ldots, K$, стоимостная функция этого алгоритма регрессии может быть определена как

$$\sum_{i=1}^{K} \left\| z(x_i)v - y_i \right\|_2 + \lambda \left\| v \right\|_1 , \tag{7}$$

где λ – параметр регуляризации, оцененный с помощью перекрестной валидации. Первое слагаемое соответствует остаточной сумме квадратов (RSS). Этот терм уменьшается так же, как и ошибка обучения. Второй член –это регуляризационный терм l_1. Формула (7) используется для улучшения обобщения сети без чрезмерной корректировки [14] и может генерировать разреженные модели [15]. Для внесения большей ясности, почему LARS должен использоваться в качестве алгоритма выбора признаков, уравнение следует переписать следующим образом:

$$\min_v RSS(v) st \left\| v \right\|_1 \le \beta , \tag{8}$$

где β – верхняя граница l_1-нормы весов, малое значение β коррелирует с большим значением λ и наоборот. Это уравнение также известно как лассо [15]. Использование лассорегрессии (также называемой l_1-нормой) для нормализации моделей приводит к результатам с пространственными решениями, генерирует результирующие векторы со многими нулями, которые представляют данные, не имеющие значения для анализируемых переменных. Лучший выбор моделей представлен в [14]. Алгоритм LARS может быть использован для выполнения выбора модели, так как при заданном значении λ только некоторые регрессоры имеют равные веса, отличные от нуля. Если $\lambda = 0$, то задача становится неограниченной регрессией с ненулевыми весами.

По мере увеличения $\lambda_{\max}$ от нуля до заданного значения $\lambda_{\max}$ число ненулевых весов уменьшается от N до нуля. Для рассматриваемой в настоя-

щей работе проблемы регрессоры z_{L_s} представляют собой атаки SQL-инъекций значимых нейронов. Таким образом, алгоритм LARS может быть использован для выбора оптимального подмножества жизненно важных нейронов, минимизирующих (8) для заданного значения λ, полученного путем перекрестной валидации. Используя концепцию bootstrap и выполняя пересечение между опорами, Бах [15] разработал модельный корректирующий оценщик без условий консистенции, требуемых для метода лассо. Этой новой процедуре он дал название Bolasso (bootstrap-enhanced least absolute shrinkage operator). Эту структуру можно рассматривать как схему голосования, применяемую для поддержки метода лассо. Однако Bolasso можно рассматривать как режим формирования консенсуса, где поддерживается наиболее значимое подмножество переменных, по которым все регрессоры соглашаются, когда речь идет о выборе переменных [15]. Регрессоры, включаемые в финальную модель, определяются в соответствии с частотой, с которой каждый из них выбирается с помощью различных тестов. Определяется порог консенсуса (например, $\rho = 50\ \%$), и регрессор включается, если он выбран, по крайней мере, в 50 % испытаний. В этой статье загрузчик лассо используется для определения топологии сети и выбора наиболее значимых нейронов. Для вычисления весов атакующего слоя SQL-инъекций применяются концепции экстремальных обучающих машин [15], а нейронная агрегационная сеть, присутствующая в третьем слое модели, выполняет классификацию признаков кибератак в соответствии со следующим уравнением:

$$y = sign\left(f_{\mathrm{Re}LU\ \text{с утечкой}} \left(\sum_{j=0}^{L_s} z_j v_j \right) \right), \tag{9}$$

где $z_0 = 1$, v_0 – смещение, а z_j, v_j – соответственно величина нечеткого нейрона атаки SQL-инъекции и его вес при $j = 1,..., L_s$; ReLU с утечкой выражается следующей формулой:

$$f_{\mathrm{Re}LU\ \text{с утечкой}}(z,\ \alpha) = \max(\alpha z,\ z). \tag{10}$$

Эта функция активации в настоящее время используется в задачах различной природы, особенно в тех случаях, когда требуется более высокая чувствительность к результатам, полученным с помощью нечетких нейронных сетей [11–15].

Наконец, после определения топологии сети вычисляется вектор весов слоя атаки SQL-инъекции $v = \left[v_0,\ v_1,\ v_2, \ldots,\ v_{L_s} \right]^T$. В настоящей работе v вычисляется с использованием псевдоинверсии Мура–Пенроуза:

$$v = Z^+ y\,, \tag{11}$$

где Z^+ – псевдоинверсия Мура–Пенроуза от Z, которая является минимальной нормой решения наименьших квадратов для выходных весов; Z можно определить как

$$Z = \begin{bmatrix} z_0 & z_1(x_1) & \ldots & z_{L_s}(x_1) \\ z_0 & z_1(x_2) & \ldots & z_{L_s}(x_2) \\ . & . & \ldots & . \\ z_0 & z_1(x_n) & \ldots & z_{L_s}(x_n) \end{bmatrix}. \tag{12}$$

Процесс обучения можно резюмировать следующим образом:

1) число нечетких множеств, которые будут разбивать входное пространство, M;

2) процент нейронов-кандидатов, L_c;

3) число повторений начальной загрузки, b;

4) порог консенсуса, ρ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результатом настоящей работы является достаточно полное исследование актуальных на момент написания работы конфигураций, типов и архитектур моделей нечетких нейронных сетей.

Исследование охватывает все базовые типы архитектур нейронных сетей, типов нечетких систем, а также содержит подробную методологию обнаружения атак на базе изученного материала, что позволяет гарантировать применимость данной работы к подавляющему большинству реальных ситуаций.

Исследованы широко используемые во всем мире наборы данных для подготовки и тестирования итоговой нечеткой нейросетевой модели. Подробно описана методология обнаружения атак, а также ее применение относительно атаки, основанной на SQL-инъекции, что способствует облегчению внедрения реализованной системы на реальных объектах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *McCarthy J.* Programs with Common Sense // Stanford: Computer Science Department. – 1958. – URL: http://jmc.stanford.edu/articles/mcc59/mcc59.pdf (accessed: 14.09.2021).

2. *Lighthil C.S.J.* Artificial intelligence: a paper symposium / Science Research Council. – 1973. – URL: http://www.chilton-computing.org.uk/inf/literature/reports/lighthill_report/p001.htm (accessed: 14.09.2021).

3. *Crevier D.* AI: the tumultuous search for artificial intelligence. – New York: Basic Books, 1993. – 203 p.

4. *Aceves-Fernandez M.A.* Artificial intelligence: applications in medicine and biology. – IntechOpen, 2019. – 140 p.

5. *Першина Э.С., Дараган С.В.* От больших данных к продвинутой аналитике в индустрии туризма // Научный вестник МГИИТ. – 2018. – № 2 (52). – С. 60–69.

6. *Шмидт Э., Коэн Д.* Новый цифровой мир: как технологии меняют жизнь людей, модели бизнеса и понятие государств. – М.: Манн, Иванов и Фербер, 2013. – 368 с.

7. *Понкин И.В.*, *Редькина А.И.* Искусственный интеллект с точки зрения права // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Юридические науки. – 2018. – № 1. – С. 91–109.

8. Artificial intelligence applications in civil engineering / T. Dede, M. Kankal, A.R. Vosoughi, M. Grzywiński, M. Kripka // Advances in Civil Engineering. – 2019. – Art. 8384523. – URL: https://www.hindawi.com/journals/ace/2019/8384523/ (accessed: 14.09.2021).

9. *Каблучко Ю.В.* Применение искусственного интеллекта в банковской сфере // Вопросы науки и образования. – 2018. – № 18. – С. 20–27.

10. The WEKA data mining software: an update / M. Hall, E. Frank, G. Holmes, B. Pfahringer, C. Reutemann, I.H. Witten // ACM SIGKDD Explorations Newsletter. – 2008. – N 11 (1). – P. 10–18.

11. *Foote K.D.* A brief history of machine learning. – 2019. – March 26. – URL: https://www.dataversity.net/a-brief-history-of-machine-learning/ (accessed: 14.09.2021).

12. *Russell S.J., Norvig C.* Artificial intelligence: a modern approach. – Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1995. – 946 p.

13. *Noyes J.L.* Artificial intelligence with common lisp: fundamentals of symbolic and numeric processing. – Jones & Bartlett Learning, 1992. – 644 p.

14. Prevenção de ataques: XSS residente e SQL injectionem banco de dados PostgreSQL em ambiente WEB Estudos Tecnológicos / A. Vissotto Jr, E. Bosco, B.G. Bruschi, L.A. Silva // Caderno de Estudos Tecnológicos. – 2015. – Vol. 3, no. 1. – P. 38–50.

15. Cost-based modeling and evaluation for data mining with application to fraud and intrusion detection: results from the JAM project by Salvatore / J. Stolfo, W. Fan, W. Lee, A. Prodromidis, C.K. Chan // Proceedings DARPA Information Survivability Conference and Exposition, DISCEX'00. – 2000. – Vol. 2. – P. 130–144. – DOI: 10.1109/DISCEX.2000.821515.

Архипова Анастасия Борисовна, доцент кафедры защиты информации Новосибирского государственного технического университета. Основное направление научных исследований – математическое моделирование в информационной безопасности, оценка качества социально значимой деятельности. E-mail: arhipova@corp.nstu.ru

Поляков Павел Андреевич, лаборант кафедры защиты информации Новосибирского государственного технического университета. Область научных интересов – математическое моделирование в информационной безопасности. E-mail: ctf@corp.nstu.ru

DOI: 10.17212/2782-2230-2021-3-43-56

Methodology for constructing a neural fuzzy network in the field of information security *

A.B. Arkhipova[1], P.A. Polyakov[2]

[1] *Novosibirsk State Technical University, 20 Karl Marx Avenue, Novosibirsk, 630073, Russian Federation, candidate of technical sciences, associate professor of the Department of Information Security. E-mail: arhipova@corp.nstu.ru*

[2] *Novosibirsk State Technical University, 20 Karl Marx Avenue, Novosibirsk, 630073, Russian Federation, laboratory assistant of the Department of Information Security. E-mail: ctf@corp.nstu.ru*

This paper proposes the use of hybrid models based on neural networks and fuzzy systems to build intelligent intrusion detection systems based on the theory of fuzzy rules. The presented system will be able to generate rules based on the results using fuzzy logic neurons. To avoid oversaturation and assist in determining the necessary network topology, training models based on extreme learning machine and regularization theory will be used to find the most significant neurons. In this paper, a type of SQL injection cyberattack is considered, which actively exploits errors in systems that communicate with the database via SQL commands, and for this reason is considered a kind of straightforward attack. The fuzzy neural network architecture used in detecting SQL injection attacks is a multi-component structure. The first two layers of the model are considered as a fuzzy inference system capable of extracting

* *Received 20 June 2021.*

knowledge from data and transforming it into fuzzy rules. These rules help build automated systems for detecting SQL injection attacks. The third layer consists of a simple neuron that has an activation function called a leaky ReLU. The first layer consists of fuzzy neurons, the activation functions of which are Gaussian membership functions of fuzzy sets, defined in accordance with the partitioning of the input variables. The technique uses the concept of a simple linear regression model to solve the problem of choosing the best subsets of neurons. To perform model selection, the paper used the widely used least angular regression (LARS) algorithm.

Keywords: fuzzy set, fuzzy neural network, information security, neural aggregation network, SQL injection attacks of significant neurons, cyberattack detection model, fuzzy inference system, membership function

REFERENCES

1. McCarthy J. Programs with Common Sense. *Stanford: Computer Science Department*, 1958. Available at: http://jmc.stanford.edu/articles/mcc59/mcc59.pdf (accessed 14.09.2021).

2. Lighthil C.S.J. *Artificial intelligence: a paper symposium*. Science Research Council, 1973. Available at: http://www.chilton-computing.org.uk/inf/literature/reports/lighthill_report/p001.htm (accessed 14.09.2021).

3. Crevier D. *AI: the tumultuous search for artificial intelligence*. New York, Basic Books, 1993. 203 p.

4. Aceves-Fernandez M.A. *Artificial intelligence: applications in medicine and biology*. IntechOpen, 2019. 140 p.

5. Pershina E.S., Daragan S.V. Ot bol'shikh dannykh k prodvinutoi analitike v industrii turizma [From big data to advanced analytics in the tourism industry]. *Nauchnyi vestnik MGIIT = Research Bulletin of MSITI*, 2018, no. 2 (52), pp. 60–69.

6. Schmidt E., Cohen J. *Novyi tsifrovoi mir: kak tekhnologii menyayut zhizn' lyudei, modeli biznesa i ponyatie gosudarstv* [The new digital age: how technologies change people's lives, business models and the concept of states]. Moscow, Mann, Ivanov i Ferber Publ., 2013. 368 p. (In Russian).

7. Ponkin I.V., Red'kina A.I. Iskusstvennyi intellekt s tochki zreniya prava [Artificial intelligence from the point of view of law]. *Vestnik Rossiiskogo universiteta druzhby narodov. Seriya: Yuridicheskie nauki = RUDN Journal of Law*, 2018, no. 1, pp. 91–109.

8. Dede T., Kankal M., Vosoughi A.R., Grzywiński M., Kripka M. Artificial intelligence applications in civil engineering. *Advances in Civil Engineering*, 2019, art. 8384523. Available at: https://www.hindawi.com/journals/ace/2019/8384523/ (accessed 14.09.2021).

9. Kabluchko Yu.V. Primenenie iskusstvennogo intellekta v bankovskoi sfere [Application of artificial intelligence in the banking sector]. *Voprosy nauki i obrazovaniya = Questions of Science and Education*, 2018, no. 18, pp. 20–27.

10. Hall M., Frank E., Holmes G., Pfahringer B., Reutemann C., Witten I.H. The WEKA data mining software: an update. *ACM SIGKDD Explorations Newsletter*, 2008, no. 11 (1), pp. 10–18.

11. Foote K.D. *A brief history of machine learning*. 2019, March 26. Available at: https://www.dataversity.net/a-brief-history-of-machine-learning/ (accessed 14.09.2021).

12. Russell S.J., Norvig C. *Artificial intelligence: a modern approach*. Englewood Cliffs, NJ, Prentice Hall, 1995. 946 p.

13. Noyes J.L. *Artificial intelligence with common lisp: fundamentals of symbolic and numeric*. Jones & Bartlett Learning, 1992. 644 p.

14. Vissotto A. Jr, Bosco E., Bruschi B.G., Silva L.A. Prevenção de ataques: XSS residente e SQL injectionem banco de dados PostgreSQL em ambiente WEB Estudos Tecnológicos. *Caderno de Estudos Tecnológicos*, 2015, vol. 3, no. 1, pp. 38–50.

15. Stolfo S.J., Fan W., Lee W., Prodromidis A., Chan P.K. Cost-based modeling for fraud and intrusion detection: results from the JAM project. *Proceedings DARPA Information Survivability Conference and Exposition, DISCEX'00*, 2000, vol. 2, pp. 130–144. DOI: 10.1109/DISCEX.2000.821515.

Для цитирования:

Архипова А.Б., Поляков П.А. Методология построения нейронной нечеткой сети в области информационной безопасности // Безопасность цифровых технологий. – 2021. – № 3 (102). – С. 43–56. – DOI: 10.17212/2782-2230-2021-3-43-56.

For citation:

Arkhipova A.B., Polyakov P.A. Metodologiya postroeniya neironnoi nechetkoi seti v oblasti informatsionnoi bezopasnosti [Methodology for constructing a neural fuzzy network in the field of information security]. *Bezopasnost' tsifrovykh tekhnologii = Digital Technology Security*, 2021, no. 3 (102), pp. 43–56. DOI: 10.17212/2782-2230-2021-3-43-56.

БЕЗОПАСНОСТЬ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ. – 2021. – № 3 (102). – 57–67

УДК 004.85 DOI: 10.17212/2782-2230-2021-3-57-67

АНАЛИЗ ОБНАРУЖЕНИЯ АТАКИ НА БАЗЕ SQL-ИНЪЕКЦИИ С ПОМОЩЬЮ ИМПУЛЬСНОЙ ИСКУССТВЕННОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ*

А.Б. АРХИПОВА[1], П.А. ПОЛЯКОВ[2]

[1] *630073, РФ, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, Новосибирский государственный технический университет, кандидат технических наук, доцент кафедры защиты информации. E-mail: arhipova@corp.nstu.ru*

[2] *630073, РФ, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, Новосибирский государственный технический университет, лаборант кафедры защиты информации. E-mail: ctf@corp.nstu.ru*

В настоящей статье представлены результаты тестирования по созданию специализированной системы, которая помогает предотвратить кибератаки и таким образом популяризирует построение интеллектуальных приложений. По полученным результатам можно утверждать, что проведенные испытания являются удовлетворительными. Математической основой построения нейросетевой модели является модель HESADM (Hybrid Artificial Intelligence Framework). Представленная система позволяет формировать набор правил с помощью нечетких логических нейронов. В настоящей работе представлен подход к формированию нечеткой нейронной сети, используемой при обнаружении атак SQL-инъекций. Методология, использованная в настоящей работе, представляет собой импульсную искусственную нейронную сеть (SANN), которая использует эволюционирующая нейросетевую систему (eCOS) и многослойный подход импульсной искусственной нейронной сети для классификации точного типа вторжения или сетевой аномалии с минимальным вычислительным потенциалом. Импульсная искусственная нейронная система формирует себя непрерывно, адаптируясь к входным данным, будучи в функционирующем или нефункционирующем состоянии, находясь под наблюдением администратора. Данная система находит применение к нескольким другим сложным проблемам реального мира, тем самым доказывает свою работоспособность, в том числе в области информационной безопасности. Рассмотренная модель представляет собой гибридную эволюционирующую импульсную модель обнаружения аномалии (HESADM), которая работает на импульсах, возникающих в системе, в то время как нейроны применяются для мониторинга алгоритма с использованием одного прохода обучения. В системе трафик-ориентированные данные применяют путем импорта классов, которые используют переменное кодирование. Используемые данные получены путем преобразования реальных характеристик сетевого трафика в определенные временные отметки.

* Статья получена 20 июня 2021 г.

Ключевые слова: кибератаки, информационная безопасность, импульсная искусственная нейронная сеть, нейронная агрегационная сеть, атаки SQL-инъекций, модель обнаружения кибератак, система нечеткого вывода, функция принадлежности

ВВЕДЕНИЕ

В мировой ситуации киберпространство – это область, в которой, несмотря на понимание необходимости обеспечения безопасности, нет никаких систематических и четко сформулированных мер, которые могли бы гарантировать надежность и сохранность используемых систем. Основной целью развития общества с этих позиций является минимизация количества кибератак на сети и государственные информационные системы, а также на все другие сегменты общества [11]. В последнее время всё большее внимание уделяется кибербезопасности как стратегической функции государства, так как она имеет важное значение для поддержания критически важных инфраструктур страны. Другими словами, в контексте цифрового развития государства ни одна страна не может отказаться от безопасности своего киберпространства.

На сегодняшний день атаки на информационные системы компании являются куда более сложными и требуют специальных средств защиты, особенно для объектов критических информационных инфраструктур. Стоит отметить, что с учетом увеличения количества информационных потоков и разновидностей их использования уровень угроз информационной безопасности объектов критических информационных инфраструктур значительно возрастает. Анализ показал отсутствие комплексного подхода к предотвращению угроз информационной безопасности. В этой связи важное значение приобретают нейронные сети, которые используют повсеместно, например, при сравнении биометрических характеристик человека [5, 8], в юриспруденции [7], банковской сфере [9], информационной безопасности [1, 2, 7, 10–15], медицине и биологии [4] и т. п. [6] Методология, использованная в данной работе – это импульсная искусственная нейронная сеть, которая использует эволюционирующую нейросетевую систему и многослойный подход для классификации точного типа вторжения или сетевой аномалии с минимальным вычислительным потенциалом.

1. СХЕМА АТАКИ НА БАЗЕ SQL-ИНЪЕКЦИИ

Язык структурированных запросов, или SQL, является языком по умолчанию для взаимодействия с реляционными базами данных. В нем выполняются основные задачи, связанные с манипулированием данными в структурах баз

данных [14]. SQL-инъекция – это тип кибератаки, которая использует ошибки в системах, обычно имеющие связь с базой данных через SQL-команды, и по этой причине считается разновидностью атаки прямолинейной. В этом процессе вторжения злоумышленник может вставить пользовательскую и ненужную инструкцию SQL в запрос через формы записи данных программы. В полях, предназначенных для информации пользователя, эти команды выполняются, т. е. отображаются команды SQL, однако из-за этого сбоя в приложениях они в конечном итоге вызывают изменения в базе данных или неправильный доступ к приложению [14]. Взломщик может получить любые скрытые данные, хранящиеся в базе данных серверного компьютера, с помощью SQL-инъекционных атак, в том числе в зависимости от версии базы данных. Вы также можете вводить вредоносные команды и получать полное разрешение на машину, на которой работает банк [9]. На рис. 1 показаны основные шаги для атаки с помощью SQL-инъекции.

Рис. 1. Схематическое представление атаки, основанной на SQL-инъекции

Fig. 1. Schematic representation of an attack based on SQL injection

2. МЕТОДОЛОГИЯ ОБНАРУЖЕНИЯ АТАКИ

В статье «Обнаружение сетевых аномалий на основе эволюции нейронных сетей», написанной К. Демерцисом и Л. Илиадисом [1], описывается интеллектуальная система машинного обучения, где часть системы работает в

поисках известных угроз, а другая часть пытается обнаружить вероятные угрозы в соответствии с аномальными действиями, которые происходят в штатном порядке. Система обнаружения проста, она генерирует состояние, обрабатываемое как обычно, и все сигналы за пределами края этого состояния обрабатываются как аномалия, поэтому алгоритм обнаружения учится непрерывно, пока система активна в сети.

Методология, использованная в настоящей работе, – это импульсная искусственная нейронная сеть (ИНС) (SANN), которая использует эволюционирующую нейросетевую систему (eCOS) и многослойный подход ИНС для классификации точного типа вторжения или сетевой аномалии с минимальным вычислительным потенциалом; SANN – это набор модульных систем, основанных на узловых соединениях. Система формирует себя непрерывно, адаптируясь к входным данным, будучи в функционирующем или нефункционирующем состоянии, находясь под наблюдением администратора. SANN также применяется к нескольким другим сложным проблемам реального мира, доказывая свою работоспособность. Разработанная модель называется гибридной эволюционирующей импульсной моделью обнаружения аномалии (HESADM), которая работает на импульсах, возникающих в системе, в то время как нейроны используются для мониторинга алгоритма с использованием одного прохода обучения.

Трафик-ориентированные данные используются путем импорта классов, которые используют переменное кодирование всего множества данных. Используемые данные получены путем преобразования реальных характеристик сетевого трафика в определенные временные отметки. Данные были классифицированы на два типа:

1) класс 0, соответствующий нормальным, штатным результатам;

2) класс 1, соответствующий аномальным результатам.

Во время верификации атаки, если результат равен нулю, процесс классификации eSNN повторяется, но с соответствующими обновленными векторами данных. Если результат продолжает равняться нулю, процесс завершается. Когда результатом является класс 1, нейронная сеть из двух слоев используется для распознавания типа атаки и использует все ресурсы базы данных KDD и NSL-KDD [1]. Если это происходит в скрытом слое, используются 33 нейрона. Результаты этого процесса представляются сетевому администратору в виде предупреждения, графическая модель HESADM показана на рис. 2 [1].

Для обучения и тестов были выбраны два набора данных: KDD и NSL-KDD.

KDD-коллекция содержит данные, имитирующие сеть. Метод анализа событий включает в себя соединение между IP-адресом источника и IP-адресом

назначения, во время которого происходит обмен последовательностью TCP-пакетов, использующих определенный протокол и строго определенное время работы. Используемая база данных включает в себя список из 13 884 SQL-операторов, выбранных различными источниками; 12 881 из них являются вредоносными (SQL-инъекции), а 1003 – законными (корреляция SQL-операторов с типом SQL-инъекций).

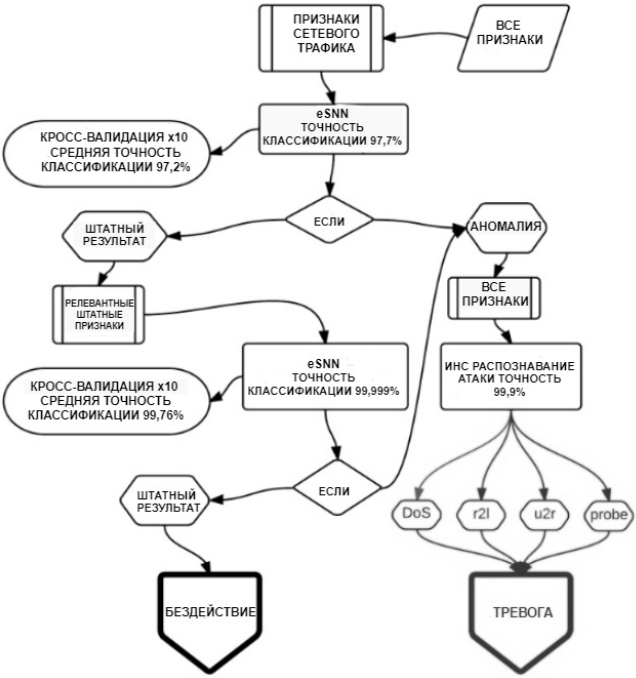

Рис. 2. Модель HESADM

Fig. 2. Model HESADM

NSL-KDD – это набор данных, предложенный для решения некоторых внутренних проблем набора данных KDD'99, которые упоминаются в работе [10]. Усовершенствованная коллекция применяется в качестве эффективного эталонного набора данных для разработки методов обнаружения вторжений с помощью различных сетевых атак. В таблице показана отличная производительность и надежность схемы, предложенной в работе [1]. В ней представлены результаты категоризации с использованием одного и того же набо-

ра данных SQL-инъекций, 10-кратной перекрестной проверки и других подходов машинного обучения, модель достигла результата 99,6 %.

Точность работы различных классификаторов

The accuracy of the various classifiers

Классификатор	Точность, %
MFF ANN с GA	99.6
RBFNetwork	97.3
NaiveBayes	98.7
SVM	98.5
k-NN	98.3
Random Forest	99.1

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для выполнения тестов обнаружения атак и создания экспертной системы, основанной на характере данных, были использованы описанные ранее базы данных KDD’99 и NSL-KDD. Несбалансированные наборы данных являются частным случаем проблем классификации, когда распределение классов неоднородно, что наблюдается в KDD’99. Обычно подобные классы делятся на две категории: большинство (отрицательные) и меньшинство (положительные).

Из всех характеристик, предложенных в указанных наборах данных, были использованы параметры: длина, энтропия, уровень агрессивности, уровень доверия и уверенности. Экспертная система основана на правилах «ЕСЛИ» и «ТО». Нечеткие нейронные сетевые модели (UNI-RNN – это нечеткая нейронная сеть, состоящая из унинейронов, а AND-RNN – из анднейронов) были сопоставлены с другими алгоритмами классификатора для базы данных: SVM, MLP, NBCи C4.5.

Для визуализации работы алгоритмов интеллектуального анализа данных возможно использование набора инструментов weka [10]. Его конфигурации и использование основаны на работе [1].

Следует отметить, что во избежание тенденций в проведенных испытаниях был проведен обмен всеми имеющимися образцами и было собрано 30 измерений точности с каждой из баз, оцененных в каждой анализируемой модели. Переменные, участвующие в этом процессе, были нормализованы со средним нулем и дисперсией 1. Все атаки SQL-инъекций модели были нормализованы к интервалу [–1, 1].

Для нечеткой нейросетевой модели оптимальные параметры M, b и p найдены путем перекрестной валидации (70 % обучения, 30 % для тестирования) с использованием 10-кратного метода. Диапазоны были следующими: $M = \{2, 3, 4\}$, $b = \{8, 16, 32\}$, $\rho = \{50\ \%, 60\ \%, 70\ \%\}$. Значение L_c было оценено на уровне 200, как и в [10]. Результаты были представлены тестами, выполненными на персональном компьютере с процессором IntelCore i7-4700 MQ2,40 ГГц и памятью 8,00 ГБ.

Итоговая система представила полезные результаты по использованию нечетких правил для построения систем. Мы можем выделить пример, полученный при использовании двух функций принадлежности, позволяющих классифицировать параметры как низкие и высокие.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Demertzis K., Iliadis L.* A bio-inspired hybrid artificial intelligence framework for cyber security // Computation, Cryptography, and Network Security. – Cham: Springer, 2015. – P. 161–193.

2. *Lighthil C.S.J.* Artificial intelligence: a paper symposium / Science Research Council. – 1973. – URL: http://www.chilton-computing.org.uk/inf/literature/reports/lighthill_report/p001.htm (accessed: 14.09.2021).

3. *Crevier D.* AI: the tumultuous search for artificial intelligence. – New York: Basic Books, 1993. – 203 p.

4. *Aceves-Fernandez M.A.* Artificial intelligence: applications in medicine and biology. – IntechOpen, 2019. – 140 p.

5. *Крохалева А.Б., Белов В.М.* Модели сравнения биометрических характеристик человека // Проблемы информационной безопасности государства, общества и личности: 16 международная научно-практическая конференция: доклады VII Пленума СибРОУМО и материалы XVI конференции, Томск, 6–10 июня 2018 г. – Томск : В-Спектр, 2018. – С. 48–52.

6. *Шмидт Э., Коэн Д.* Новый цифровой мир: как технологии меняют жизнь людей, модели бизнеса и понятие государств. – М.: Манн, Иванов и Фербер, 2013. – 368 с.

7. *Понкин И.В.*, *Редькина А.И.* Искусственный интеллект с точки зрения права // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Юридические науки. – 2018. – № 1. – С. 91–109.

8. Artificial intelligence applications in civil engineering / T. Dede, M. Kankal, A.R. Vosoughi, M. Grzywiński, M. Kripka // Advances in Civil Engineering. – 2019. – Art. 8384523. – URL: https://www.hindawi.com/journals/ace/2019/8384523/ (accessed: 14.09.2021).

9. *Каблучко Ю.В.* Применение искусственного интеллекта в банковской сфере // Вопросы науки и образования. – 2018. – № 18. – С. 20–27.

10. The WEKA data mining software: an update / M. Hall, E. Frank, G. Holmes, B. Pfahringer, C. Reutemann, I.H. Witten // ACM SIGKDD Explorations Newsletter. – 2008. – N 11 (1). – P. 10–18.

11. *Foote K.D.* A brief history of machine learning. – 2019. – March 26. – URL: https://www.dataversity.net/a-brief-history-of-machine-learning/ (accessed: 14.09.2021).

12. *Russell S.J., Norvig C.* Artificial intelligence: a modern approach. – Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1995. – 946 p.

13. *Noyes J.L.* Artificial intelligence with common lisp: fundamentals of symbolic and numeric processing. – Jones & Bartlett Learning, 1992. – 644 p.

14. Prevenção de ataques: XSS residente e SQL injectionem banco de dados PostgreSQL em ambiente WEB Estudos Tecnológicos / A. Vissotto Jr, E. Bosco, B.G. Bruschi, L.A. Silva // Caderno de Estudos Tecnológicos. – 2015. – Vol. 3, no. 1. – P. 38–50.

15. Cost-based modeling and evaluation for data mining with application to fraud and intrusion detection: results from the JAM project by Salvatore / J. Stolfo, W. Fan, W. Lee, A. Prodromidis, C.K. Chan // Proceedings DARPA Information Survivability Conference and Exposition, DISCEX'00. – 2000. – Vol. 2. – P. 130–144. – DOI: 10.1109/DISCEX.2000.821515.

Архипова Анастасия Борисовна, доцент кафедры защиты информации Новосибирского государственного технического университета. Основное направление научных исследований – математическое моделирование в информационной безопасности, оценка качества социально значимой деятельности. E-mail: arhipova@corp.nstu.ru

Поляков Павел Андреевич, лаборант кафедры защиты информации Новосибирского государственного технического университета. Область научных интересов – математическое моделирование в информационной безопасности. E-mail: ctf@corp.nstu.ru

DOI: 10.17212/2782-2230-2021-3-57-67

Analysis of the detection of an attack based on SQL injection using an impulse artificial neural network*

A.B. Arkhipova[1], P.A. Polyakov[2]

[1] *Novosibirsk State Technical University, 20 Karl Marx Avenue, Novosibirsk, 630073, Russian Federation, candidate of technical sciences, associate professor of the Department of Information Security. E-mail: arhipova@corp.nstu.ru*
[2] *Novosibirsk State Technical University, 20 Karl Marx Avenue, Novosibirsk, 630073, Russian Federation, laboratory assistant of the Department of Information Security. E-mail: ctf@corp.nstu.ru*

This article presents the results of testing to create a specialized system that helps prevent cyberattacks, thus popularizing the construction of intelligent applications. Based on the results obtained, it can be argued that the tests carried out are satisfactory. The mathematical basis for building a neural network model is the HESADM model (Hybrid Artificial Intelligence Framework). The presented system allows you to form a set of rules using fuzzy logical neurons. This paper presents an approach to the formation of a fuzzy neural network used for detecting SQL injection attacks. The methodology used in this paper is an impulse artificial neural network (SANN), which uses an evolving neural network system (eCOS) and a multi-layer approach of an impulse artificial neural network to classify the exact type of intrusion or network anomaly with minimal computational potential. The impulse artificial neural system forms itself continuously, adapting to the input data, being in a functioning or not state, being under the supervision of an administrator. This system finds application to several other complex problems of the real world, proving its efficiency, including in the field of information security. The considered model is a hybrid evolving pulse anomaly detection model (HESADM), which works on impulses that occur in the system, while neurons are used to monitor the algorithm using a single training pass. In the system, traffic-oriented data is used by importing classes that use variable encoding. The data used is obtained by converting the real characteristics of network traffic into certain time stamps.

Keywords: cyberattacks, information security, impulse artificial neural network, neural aggregation network, SQL injection attacks, cyberattack detection model, fuzzy inference system, membership function

REFERENCES

1. Demertzis K., Iliadis L. A bio-inspired hybrid artificial intelligence framework for cyber security. *Computation, Cryptography, and Network Security*. Cham, Springer, 2015, pp. 161–193.

2. Lighthil C.S.J. *Artificial intelligence: a paper symposium*. Science Research Council, 1973. Available at: http://www.chilton-computing.org.uk/inf/literature/reports/lighthill_report/p001.htm (accessed 14.09.2021).

* *Received 20 June 2021.*

3. Crevier D. *AI: the tumultuous search for artificial intelligence*. New York, Basic Books, 1993. 203 p.

4. Aceves-Fernandez M.A. *Artificial intelligence: applications in medicine and biology*. IntechOpen, 2019. 140 p.

5. Krokhaleva A.B., Belov V.M. [Models for comparing biometric characteristics of a person]. *Problemy informatsionnoi bezopasnosti gosudarstva, obshchestva i lichnosti*: 16 mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya: doklady VII Plenuma SibROUMO i materialy XVI konferentsii [Problems of information security of the state, society and personality: XVI international scientific and practical conference], Tomsk, June 6–10, 2018, pp. 48–52. (In Russian).

6. Schmidt E., Cohen J. *Novyi tsifrovoi mir: kak tekhnologii menyayut zhizn' lyudei, modeli biznesa i ponyatie gosudarstv* [The new digital age: how technologies change people's lives, business models and the concept of states]. Moscow, Mann, Ivanov i Ferber Publ., 2013. 368 p. (In Russian).

7. Ponkin I.V., Red'kina A.I. Iskusstvennyi intellekt s tochki zreniya prava [Artificial intelligence from the point of view of law]. *Vestnik Rossiiskogo universiteta druzhby narodov. Seriya: Yuridicheskie nauki = RUDN Journal of Law*, 2018, no. 1, pp. 91–109.

8. Dede T., Kankal M., Vosoughi A.R., Grzywiński M., Kripka M. Artificial intelligence applications in civil engineering. *Advances in Civil Engineering*, 2019, art. 8384523. Available at: https://www.hindawi.com/journals/ace/2019/8384523/ (accessed 14.09.2021).

9. Kabluchko Yu.V. Primenenie iskusstvennogo intellekta v bankovskoi sfere [Application of artificial intelligence in the banking sector]. *Voprosy nauki i obrazovaniya = Questions of Science and Education*, 2018, no. 18, pp. 20–27.

10. Hall M., Frank E., Holmes G., Pfahringer B., Reutemann C., Witten I.H. The WEKA data mining software: an update. *ACM SIGKDD Explorations Newsletter*, 2008, no. 11 (1), pp. 10–18.

11. Foote K.D. *A brief history of machine learning*. 2019, March 26. Available at: https://www.dataversity.net/a-brief-history-of-machine-learning/ (accessed 14.09.2021).

12. Russell S.J., Norvig C. *Artificial intelligence: a modern approach*. Englewood Cliffs, NJ, Prentice Hall, 1995. 946 p.

13. Noyes J.L. *Artificial intelligence with common lisp: fundamentals of symbolic and numeric*. Jones & Bartlett Learning, 1992. 644 p.

14. Vissotto A. Jr, Bosco E., Bruschi B.G., Silva L.A. Prevenção de ataques: XSS residente e SQL injectionem banco de dados PostgreSQL em ambiente WEB Estudos Tecnológicos. *Caderno de Estudos Tecnológicos*, 2015, vol. 3, no. 1, pp. 38–50.

15. Stolfo S.J., Fan W., Lee W., Prodromidis A., Chan P.K. Cost-based modeling for fraud and intrusion detection: results from the JAM project. *Proceedings DARPA Information Survivability Conference and Exposition, DISCEX'00*, 2000, vol. 2, pp. 130–144. DOI: 10.1109/DISCEX.2000.821515.

Для цитирования:

Архипова А.Б., Поляков П.А. Анализ обнаружения атаки на базе SQL-инъекции с помощью импульсной искусственной нейронной сети // Безопасность цифровых технологий. – 2021. – № 3 (102). – С. 57–67. – DOI: 10.17212/2782-2230-2021-3-57-67.

For citation:

Arkhipova A.B., Polyakov P.A. Analiz obnaruzheniya ataki na baze SQL in"ektsii s pomoshch'yu impul'snoi iskus-stvennoi neironnoi seti [Analysis of the detection of an attack based on sql injection using an impulse artificial neural network]. *Bezopasnost' tsifrovykh tekhnologii = Digital Technology Security*, 2021, no. 3 (102), pp. 57–67. DOI: 10.17212/2782-2230-2021-3-57-67.

БЕЗОПАСНОСТЬ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ. – 2021. – № 3 (102). – 68–92

УПРАВЛЕНИЕ В СОЦИАЛЬНЫХ И ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

УДК 004 DOI: 10.17212/2782-2230-2021-3-68-92

О РОЛИ ОБЩЕСТВЕННЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ В СТРУКТУРЕ СИСТЕМЫ ЖКХ*

Д.Л. КОСОВ

656015, РФ, г. Барнаул, ул. Деповская, 13-2, ООО «Юридическая компания “Надежда”», директор. E-mail: kosovdl@mail.ru

Практика вхождения общественных объединений в различного рода сферы деятельности на территориях государства показывает, что многие объединения не выполняют возложенные на них миссии по обеспечению комфортного проживания граждан территорий, а занимаются потребительским экстремизмом, решают свои потребительские задачи и системно не участвуют в процессах конструктивного взаимодействия между властью, производителями и потребителями услуг. В настоящей статье впервые рассмотрены вопросы взаимодействия общественных объединений в системе ЖКХ со всеми имеющимися в ней элементами. Показана существующая структура системы ЖКХ, включающая в себя такие элементы, как федеральные и региональные органы власти, ресурсоснабжающие и сопутствующие организации, региональные операторы в сфере ЖКХ, исполнители ЖКХ-услуг, общественные объединения, объединения собственников жилья и нанимателей. Определены этапы организации общественных объединений, построена блок-схема алгоритма государственной регистрации и регистрации юридического лица для общественных объединений. Показана внутренняя организационно-управленческая структура объединений, рассмотрены функции и их место в системе управления ЖКХ. Следует подчеркнуть, что влияние общественных организаций осуществляется посредством внутреннего и внешнего управления в системе ЖКХ для решения задач содействия становлению жилищного самоуправления как важнейшего института гражданского общества и эффективного инструмента оздоровления жилищно-коммунальной отрасли. Выявлено, что существенным инструментом в управлении системой ЖКХ является наличие в составе большинства ее элементов общественных микроструктур, взаимодействие с которыми дает возможность оказывать управляющее воздействие на всю систему в целом и получать положительные результаты при защите прав потребителей услуг ЖКХ.

Ключевые слова: производители услуг, потребители услуг, жилищно-коммунальное хозяйство, органы власти, общественные объединения, общественные микроструктуры, управление, блок-схема, алгоритм, структура, функции

* Статья получена 23 июня 2021 г.

ВВЕДЕНИЕ

Сфера жилищно-коммунального хозяйства является чрезвычайно важной отраслью экономики любого государства, которая отвечает за одну из существующих граней бытового благополучия граждан страны.

В Российской Федерации проблемам ЖКХ уделяется большое внимание: разработано и вступило в силу огромное количество нормативных правовых актов в данной области. Наиболее значимыми среди них являются кодексы РФ [1, 2], федеральные законы РФ [3–14], указы президента РФ [15–17], постановления Правительства РФ [18–38], ведомственные нормативные акты РФ [39–61], государственные стандарты РФ (ГОСТы) [62, 63], Санитарные правила и нормы РФ (СанПиНы) [64, 65], Правила пожарной безопасности РФ (ППБ РФ) [66], Правила по охране труда РФ (ПОТ РФ) [67]. Конституционный и Верховный суд РФ также дали большое количество разъяснений по вопросам ЖКХ. На данном этапе подготовлен проект распоряжения Правительства РФ, которым планируется утвердить «Стратегию развития ЖКХ на период до 2035 г.».

При всем, казалось бы, многообразии законодательных актов, регулирующих ЖКХ, их правоприменение оставляет желать лучшего: существуют различные «пробелы» в законах, которые власть не имеет возможности решать без использования дополнительного законодательного инструментария. Поэтому возникает необходимость создания какой-либо буферной структуры, которая бы взаимодействовала одновременно с собственниками жилья и системой управления ЖКХ со стороны властей разного уровня для решения насущных вопросов ЖКХ. Такой структурой, на мой взгляд, должна стать общественная организация в системе ЖКХ. Практика показала, что общественные объединения и иные некоммерческие организации (НКО) на сегодняшний день являются достаточно эффективными инструментами в деятельности гражданских активистов [68].

1. АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ СТРУКТУРЫ ЖКХ

Существующая система ЖКХ является многокомпонентной (многоэлементной) системой с большим количеством связей для их взаимодействия. На рис. 1 представлена организационно-управленческая схема существующей системы жилищно-коммунального хозяйства.

На схеме рис. 1 показаны все имеющиеся на данном временном этапе элементы, входящие в систему ЖКХ и осуществляющие какие-либо управленческие действия в данной системе, представляющие интерес как для внутрисистемного, так и для внешнесистемного взаимодействия в сфере ЖКХ.

Все элементы системы, как и она сама в целом, выполняют присущие им управленческие функции, направленные на обеспечение целостности, жизнеспособности и эффективности всей системы ЖКХ. Главными в иерархии элементов системы ЖКХ являются, конечно, элементы федерального уровня, к которым для нашего случая относят две ветви власти – законодательную и исполнительную. Рассмотрим их применительно к системе ЖКХ.

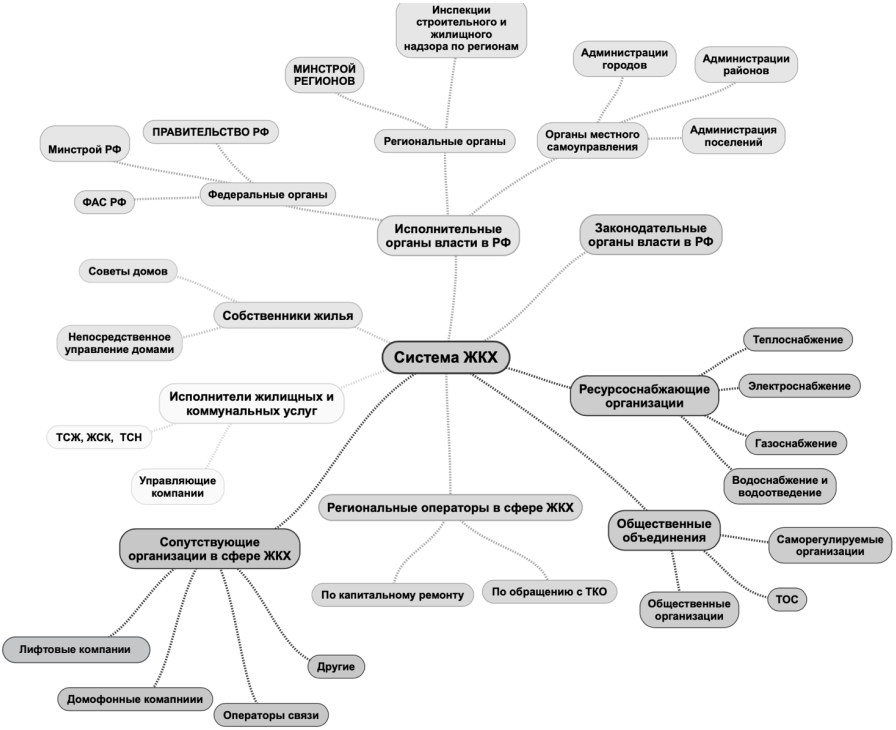

Рис. 1. Организационно-управленческая схема существующей в РФ системы жилищно-коммунального хозяйства

Fig. 1. Organizational and managerial scheme of the existing system of housing and communal services in the Russian Federation

Структурные элементы ветви исполнительной власти в системе ЖКХ: Правительство РФ (полномочия во всех сферах государственной деятельности определены ст. 114 Конституции РФ); Минстрой РФ, Федеральная антимонопольная служба РФ (ФАС РФ) (основные функции определены Постановле-

нием Правительства РФ от 07.04.2004 № 189 (ред. от 28.01.2011) «Вопросы Федеральной антимонопольный службы»). На местах исполнительная власть, принимающая непосредственное участие в управлении системой ЖКХ, представлена Минстроем регионов, инспекциями строительного и жилищного надзора регионов, органами местного самоуправления. Законодательная ветвь власти предусматривает участие законодательных органов различного уровня.

Поставка энергетических ресурсов в сфере ЖКХ осуществляется ресурсоснабжающими организациями, которые представлены в виде специализирующихся организаций, занимающихся поставкой тепла, электричества, газа, воды и других ресурсов. Техническая эксплуатация зданий осуществляется управляющими компаниями, товариществами собственников жилья (ТСЖ), жилищно-строительными кооперативами (ЖСК) и товариществами собственников недвижимости (ТСН), которые несут ответственность за качество коммунального ресурса, поставляемого ресурсоснабжающими организациями, непосредственно внутри здания. Среди участников системы ЖКХ выделяют региональных операторов в сфере ЖКХ, которые осуществляют функции по проведению капитального ремонта жилого фонда и обращению с твердыми коммунальными отходами (ТКО). Помимо вышеперечисленных элементов системы ЖКХ, следует отметить сопутствующие организации, такие как лифтовые и домофонные компании, операторы связи и другие. На сегодняшний день в систему ЖКХ смело включаются и становятся ее неотъемлемой частью формируемые в рамках ЖКХ общественные объединения, обсуждению роли которых в управлении ЖКХ и посвящена настоящая статья. В качестве общественных объединений можно рассматривать общественные организации, саморегулируемые организации и территориальные общественные самоуправления (ТОС). Последним, самым значимым элементом системы ЖКХ, ради которого всё и происходит в обсуждаемой системе, являются собственники жилья. Их можно классифицировать по способу управления жильем: с помощью управляющих компаний через советы домов, ТСЖ, ЖСК или при непосредственном управлении домами собственниками.

Основными предпосылками появления различного рода общественных объединений в системе ЖКХ считаются: повседневная актуальность повышения качества поставляемых услуг в этой сфере деятельности их поставщиками; слабость контроля и управления над технологическими процессами ЖКХ со стороны исполнительных органов власти в РФ; слабость законодательного обеспечения (наличие брешей в законах и других нормативно-правовых актах) системы ЖКХ; недобросовестность поставщиков услуг в этой сфере; высокая ее бытовая значимость для собственников жилья.

2. ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ ОБЩЕСТВЕННОЙ ОРГАНИЗАЦИИ, ЕЕ СТРУКТУРА И ФУНКЦИИ

Законодатель определяет общественные объединения как объединения людей (к сожалению, другого определения в законодательстве нет). Создание любой общественно-организационной структуры начинается с осмысления этапов ее формирования. Ниже рассмотрим алгоритм действий по организации общественного объединения в сфере ЖКХ (рис. 2).

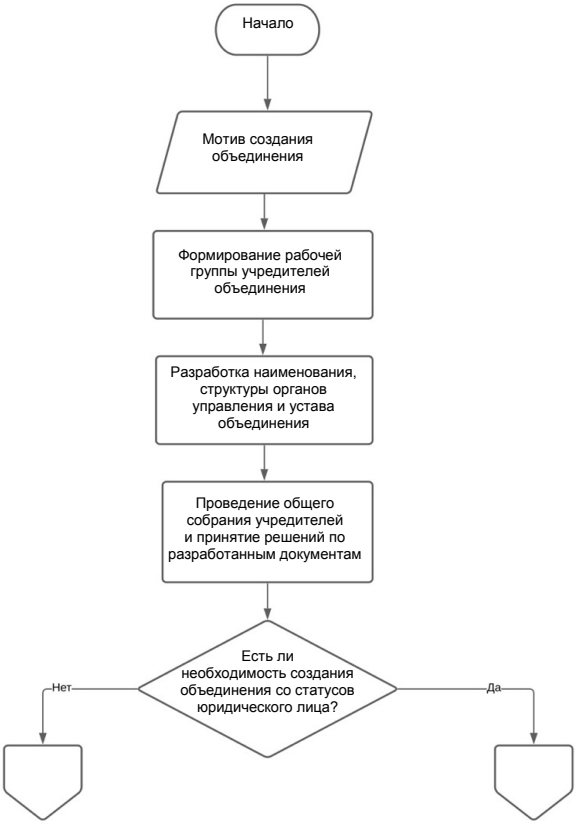

Рис. 2. Блок-схема алгоритма по организации общественного объединения в сфере ЖКХ (см. также с. 73)

Fig. 2. Block diagram of the algorithm for organizing a public association in the field of housing and communal services

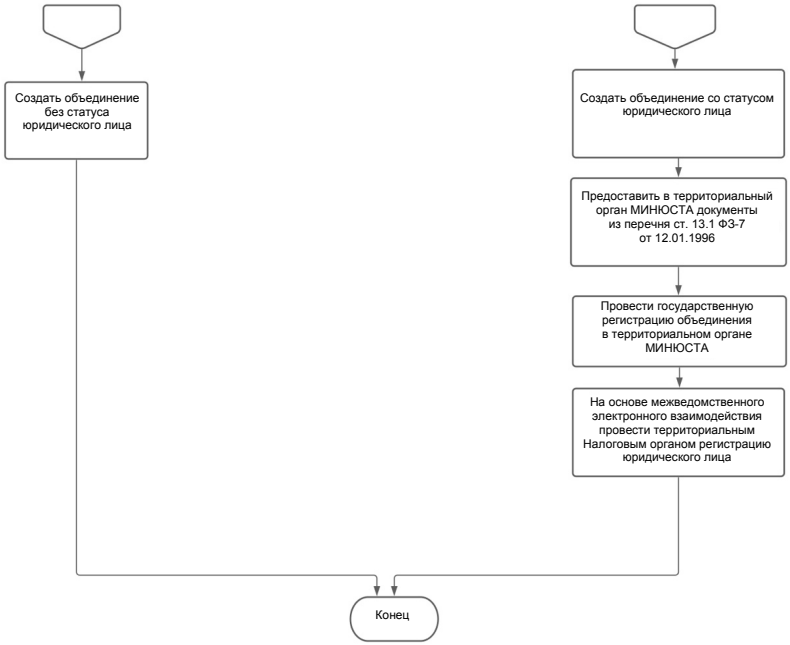

Рис. 2. Окончание

Fig. 2. The ending

Первым шагом алгоритма является формирование коллектива единомышленников для создания общественного объединения или его учредителей (создание рабочей группы). По законодательству количество учредителей общественного объединения может быть не менее трех и больше.

Второй шаг алгоритма связан с разработкой Устава общественного объединения и формированием структуры органов управления организации. К содержанию устава необходимо подойти наиболее серьезно. Можно использовать «модельный устав некоммерческой организации» – разработанную Минюстом инструкцию по формированию учредительного документа, размещенную на сайте госоргана в разделе «Деятельность в сфере некоммерческих организаций». В любом случае, кроме положений об организационных вопросах (реорганизация, ликвидация и пр.), необходимо прописать права и обязанности участников (по Гражданскому кодексу (ГК) – участников унитарной НКО или участников корпоративной НКО), цели и задачи, общие положения (наименование, адрес, территория деятельности для общественных

объединений и пр.), положения о предпринимательской деятельности (если таковая будет). Затем устав и структура принимаются общим собранием учредителей объединения.

Для ведения деятельности общественным объединениям иногда даже нет надобности в государственной регистрации на основании ст.5, 18 ФЗ «Об общественных объединениях». Регистрация не нужна тогда, когда нет необходимости в правах юридического лица (нет имущества, не будет расходных и доходных операций и пр.). При этом без регистрации будут все права общественного объединения по участию в общественной жизни.

Для государственной регистрации общественного объединения представляются документы, определенные ст. 21 ФЗ «Об общественных объединениях», ст. 13.1 ФЗ «Об НКО».

Подробнее с процессом регистрации можно ознакомиться в специальном регламенте Минюста по предоставлению государственной услуги (размещен на сайте Минюста). Прежде чем подавать документы на регистрацию НКО, необходимо обратиться к специалистам Минюста с готовыми документами.

После процедуры государственной регистрации в Минюсте, в которой при несоблюдении всех требований регистрации или по иным причинам, на которых я не буду останавливаться, могут и отказать. Далее территориальными налоговыми органами в рамках электронного межведомственного взаимодействия осуществляется регистрация юридического лица. В результате получают общественное объединение со статусом юридического лица либо без этого статуса.

Ниже рассмотрим структуру общественной организации (рис. 3) и ее основные функции.

Высшим руководящим органом объединения является общее собрание членов объединения. На нем формируется правление, в состав которого, как правило, входят президент объединения, вице-президент, члены правления. Они обладают полномочиями, возложенными на них общим собранием учредителей, которое определяет сроки их действия и осуществляет контроль над правлением посредством ревизионной комиссии (ревизора), избираемой также на общем собрании.

Далее сформулируем основные функции (виды деятельности) общественной организации в системе ЖКХ: разработка предложений по совершенствованию федерального и регионального законодательства в жилищной сфере; организация постоянного и эффективного взаимодействия с отраслевыми органами государственной власти, местного самоуправления; организация образовательной и просветительской деятельности в жилищной сфере, направленной на повышение правовой, экономической, управленческой и гражданской

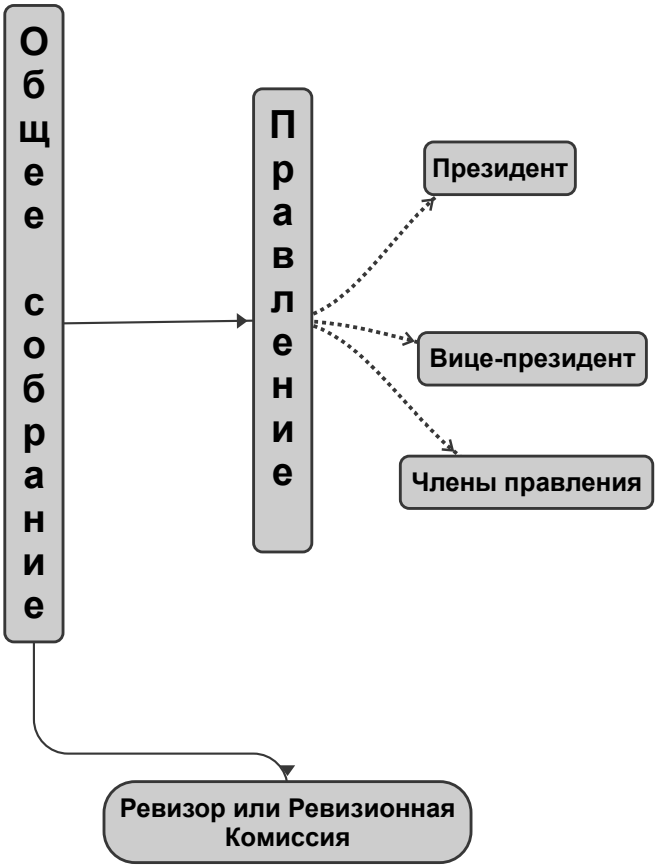

Рис. 3. Структура общественного объединения в сфере ЖКХ

Fig. 3. The structure of a public association in the field of housing and communal services

культуры и гражданской активности собственников жилья, квартиросъемщиков; содействие эффективному взаимодействию собственников жилья с управляющими организациями; проведение конференций, семинаров, симпозиумов, выставок и форумов по проблемам жилищного и территориального самоуправления; создание центров правовой поддержки жилищного самоуправления; создание и выпуск тематических печатных и электронных средств массовой информации; взаимодействие с аналогичными зарубежны-

ми жилищными движениями и объединениями; организация инновационной научно-исследовательской и экспертной деятельности в жилищной сфере; внедрение в сферу ЖКХ экологических и ресурсосберегающих технологий; представление и защита прав и законных интересов потребителей, предусмотренных ФЗ «О защите прав потребителей»; осуществление иных видов деятельности, не запрещенных действующим законодательством и направленных на достижение поставленных целей и решение задач. Осуществление видов деятельности, связанных с получением лицензии, происходит только после ее получения.

3. МЕСТО ОБЩЕСТВЕННОЙ ОРГАНИЗАЦИИ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ СФЕРОЙ ЖКХ

Практика вхождения общественных объединений в различного рода сферы деятельности на территориях государства показывает, что многие объединения не выполняют возложенные на них миссии по обеспечению комфортного проживания граждан территорий, а занимаются потребительским экстремизмом. Решают свои потребительские задачи и системно не участвуют в процессах конструктивного взаимодействия власти, производителей и потребителей услуг. На рис. 4 приведена схема управления в системе ЖКХ с участием общественных объединений.

По схеме можно проследить несколько аспектов управления, которые позволяют общественным объединениям оказывать свое влияние при решении насущных вопросов потребителей услуг ЖКХ. На рис. 4 показано, что все государственные органы, участники системы ЖКХ, а также ряд структур-элементов, таких как региональные операторы в сфере ЖКХ, исполнители ЖКХ-услуг, либо имеют в составе своих организаций общественные советы (свойственно в основном госструктурам), либо входят в состав СРО. Поэтому, обеспечивая взаимодействие с такими микроструктурами, находящимися внутри системных элементов, общественные объединения имеют возможность влиять на решения, формирующиеся и принимаемые в конкретных организациях ЖКХ, используя внутреннее управление извне. В тех элементах структуры ЖКХ, в которых нет общественных микроструктур, влияние извне можно осуществлять внешними воздействиями, заранее подготовив агентов влияния из числа организаций, имеющих в своем составе общественные микроструктуры. Такие управляющие воздействия можно проводить для достижения любых буферных целей по защите прав и интересов потребителей услуг ЖКХ.

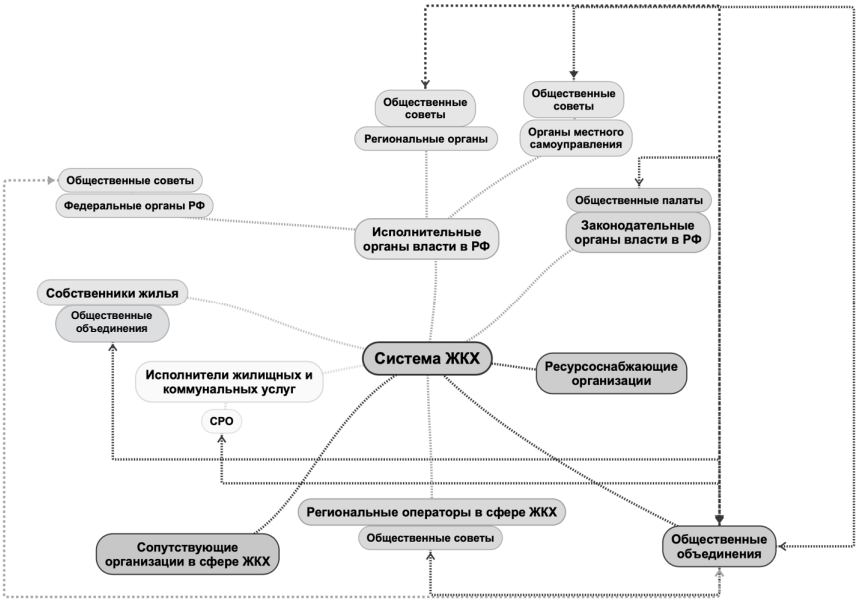

Рис. 4. Схема управления в системе ЖКХ с участием общественных объединений

Fig. 4. Scheme of management in the housing and communal services system with the participation of public associations

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящей статье впервые рассмотрены вопросы взаимодействия общественных объединений в системе ЖКХ со всеми имеющимися в ней элементами. Показана существующая структура системы ЖКХ, определены этапы организации общественных объединений, их структура управления, функции и место в системе управления ЖКХ. Следует подчеркнуть, что влияние общественных организаций осуществляется посредством внутреннего и внешнего управления в системе ЖКХ для решения задач содействия становлению жилищного самоуправления как важнейшего института гражданского общества и эффективного инструмента оздоровления жилищно-коммунальной отрасли.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жилищный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 № 188-ФЗ (ред. от 26.07.2019) // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2005. – № 1, ч. 1. – Ст. 14.

2. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 24.12.2004 № 190-ФЗ (ред. от 03.07.2016) // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2005. – № 1, ч. 1. – Ст. 16.

3. Федеральный закон от 21 июля 2014 г. № 209-ФЗ «О государственной информационной системе жилищно-коммунального хозяйства» (с изменениями и дополнениями) // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2014. – № 30, ч. 1. – Ст. 4210.

4. Федеральный закон от 7 декабря 2011 г. № 416-ФЗ «О водоснабжении и водоотведении» // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2011. – № 50. – Ст. 7358.

5. Федеральный закон от 27 июля 2010 г. № 190-ФЗ «О теплоснабжении» // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2010. – № 31. – Ст. 4159.

6. Федеральный закон от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2009. – № 48. – Ст. 5711.

7. Федеральный закон от 21 июля 2007 г. № 185-ФЗ «О Фонде содействия реформированию жилищно-коммунального хозяйства» // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2007. – № 30. – Ст. 3799.

8. Федеральный закон от 30 декабря 2004 г. № 210-ФЗ «Об основах регулирования тарифов организаций коммунального комплекса» // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2005. – № 1, ч. 1. – Ст. 36.

9. Федеральный закон от 26 марта 2003 г. № 35-ФЗ «Об электроэнергетике» // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2003. – № 13. – Ст. 1177.

10. Федеральный закон от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании» // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2002. – № 52. – Ст. 5140.

11. Федеральный закон от 31 марта 1999 г. № 69-ФЗ «О газоснабжении в Российской Федерации» // Собрание законодательства Российской Федерации. – 1999. – № 14. – Ст. 1667.

12. Федеральный закон от 3 апреля 1996 г. № 28-ФЗ «Об энергосбережении» // Собрание законодательства Российской Федерации. – 1996. – № 15. – Ст. 1551.

13. Закон РФ от 24 декабря 1992 г. № 4218-1 «Об основах федеральной жилищной политики» (с изменениями и дополнениями) (утратил силу).

14. Закон РФ от 4 июля 1991 г. № 1541-I «О приватизации жилищного фонда в Российской Федерации» // Ведомости Съезда народных депутатов РСФСР и Верховного Совета РСФСР. – 1991. – № 28. – Ст. 959.

15. Указ Президента РФ от 7 мая 2012 г. № 600 «О мерах по обеспечению граждан Российской Федерации доступным и комфортным жильем и повышению качества жилищно-коммунальных услуг» // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2012. – № 19. – Ст. 2337.

16. Указ Президента РФ от 27 мая 1997 г. № 528 «О дополнительных мерах по реформированию жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации» (с изменениями и дополнениями) (утратил силу).

17. Указ Президента РФ от 28 апреля 1997 г. № 425 «О реформе жилищно-коммунального хозяйства в Российской Федерации» (с изменениями и дополнениями) (утратил силу).

18. Постановление Правительства РФ от 2 апреля 2020 г. № 424 «Об особенностях предоставления коммунальных услуг собственникам и пользователям помещений в многоквартирных домах и жилых домов» // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2020. – № 15. – Ст. 2281.

19. Постановление Правительства РФ от 26 декабря 2016 г. № 1498 «О вопросах предоставления коммунальных услуг и содержания общего имущества в многоквартирном доме» // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2017. – № 2, ч. 1. – Ст. 338.

20. Постановление Правительства РФ от 12 ноября 2016 г. № 1156 «Об обращении с твердыми коммунальными отходами и внесении изменения в постановление Правительства Российской Федерации от 25 августа 2008 г. № 641» // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2016. – № 47. – Ст. 6640.

21. Постановление Правительства Московской области от 20 сентября 2016 г. № 679/30 «Об утверждении формы Единого платежного документа для внесения платы за жилое помещение и предоставление коммунальных и иных услуг и Методических рекомендаций по ее заполнению» (с изменениями и дополнениями).

22. Постановление Правительства РФ от 30 июня 2015 г. № 657 «О мерах по осуществлению мониторинга использования жилищного фонда и обеспечения его сохранности, изменении и признании утратившими силу некоторых актов Правительства Российской Федерации» // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2015. – № 28. – Ст. 4227.

23. Постановление Правительства РФ от 30 апреля 2014 г. № 400 «О формировании индексов изменения размера платы граждан за коммунальные

услуги в Российской Федерации» // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2014. – № 19. – Ст. 2434.

24. Постановление Правительства РФ от 29 июля 2013 г. № 643 «Об утверждении типовых договоров в области горячего водоснабжения» // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2013. – № 32. – Ст. 4305.

25. Постановление Правительства РФ от 15 мая 2013 г. № 416 «О порядке осуществления деятельности по управлению многоквартирными домами» // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2013. – № 21. – Ст. 2652.

26. Постановление Правительства РФ от 8 августа 2012 г. № 808 «Об организации теплоснабжения в Российской Федерации и о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации» // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2012. – № 34. – Ст. 4734.

27. Постановление Правительства РФ от 3 апреля 2013 г. № 290 «О минимальном перечне услуг и работ, необходимых для обеспечения надлежащего содержания общего имущества в многоквартирном доме, и порядке их оказания и выполнения».

28. Постановление Правительства РФ от 14 февраля 2012 г. № 124 «О правилах, обязательных при заключении договоров снабжения коммунальными ресурсами» // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2012. – № 8. – Ст. 354.

29. Постановление Правительства РФ от 6 мая 2011 г. № 354 «О предоставлении коммунальных услуг собственникам и пользователям помещений в многоквартирных домах и жилых домов» // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2011. – № 22. – Ст. 3168.

30. Постановление Правительства РФ от 23 сентября 2010 г. № 731 «Об утверждении стандарта раскрытия информации организациями, осуществляющими деятельность в сфере управления многоквартирными домами» // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2010. – № 40. – Ст. 5064.

31. Постановление Правительства РФ от 21 июля 2008 г. № 549 «О порядке поставки газа для обеспечения коммунально-бытовых нужд граждан» // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2008. – № 30, ч. 2. – Ст. 3635.

32. Постановление Правительства РФ от 13 августа 2006 г. № 491 «Об утверждении Правил содержания общего имущества в многоквартирном доме и Правил изменения размера платы за содержание жилого помещения в случае оказания услуг и выполнения работ по управлению, содержанию и ремонту общего имущества в многоквартирном доме ненадлежащего качества

и (или) с перерывами, превышающими установленную продолжительность» // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2006. – № 34. – Ст. 3680.

33. Постановление Правительства РФ от 23 мая 2006 г. № 306 «Об утверждении Правил установления и определения нормативов потребления коммунальных услуг и нормативов потребления коммунальных ресурсов в целях содержания общего имущества в многоквартирном доме» // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2006. – № 22. – Ст. 2338.

34. Постановление Правительства РФ от 6 февраля 2006 г. № 75 «О порядке проведения органом местного самоуправления открытого конкурса по отбору управляющей организации для управления многоквартирным домом» // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2006. – № 7. – Ст. 786.

35. Об обеспечении контроля за организациями, осуществляющими деятельность в сфере обслуживания, эксплуатации и ремонта общего имущества многоквартирных домов № 495 // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2006. – № 6. – Ст. 702.

36. Постановление Правительства РФ от 21 января 2006 г. № 25 «Об утверждении Правил пользования жилыми помещениями» // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2006. – № 5. – Ст. 546.

37. Постановление Правительства РФ от 30 июля 2004 г. № 392 «О порядке и условиях оплаты гражданами жилья и коммунальных услуг» // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2004. – № 32. – Ст. 3339.

38. Постановление Правительства РФ от 26 сентября 1994 г. № 1086 «О государственной жилищной инспекции в Российской Федерации» // Собрание законодательства Российской Федерации. – 1994. – № 23. – Ст. 2566.

39. Письмо Департамента налоговой и таможенно-тарифной политики Минфина РФ от 10 февраля 2010 г. № 03-11-06/2/16 О налогообложении при применении УСН средств, полученных товариществом собственников жилья от своих членов на оплату коммунальных услуг, содержание и ремонт общего имущества многоквартирного дома.

40. Письмо Министерства регионального развития РФ от 2 мая 2007 г. № 8167-ЮТ/07 «О внесении платы за жилые помещения и коммунальные услуги».

41. Письмо Министерства регионального развития РФ от 2 мая 2007 г. № 8166-РМ/07 «О применении тарифов для расчета размера платы за коммунальные услуги».

42. Письмо Министерства регионального развития РФ от 4 апреля 2007 г. № 6037-РМ/07 «Об определении перечня общего имущества собственников помещений в многоквартирном доме».

43. Письмо Министерства регионального развития РФ от 20 декабря 2006 г. № 14314-РМ/07 «О сроках возникновения обязанности приступить к управлению многоквартирным домом».

44. Письмо Министерства регионального развития РФ от 20 декабря 2006 г. № 14316-РМ/07 «О передаче многоквартирных домов при выборе способа управления».

45. Постановление Госстроя РФ от 27 сентября 2003 г. № 170 «Об утверждении Правил и норм технической эксплуатации жилищного фонда» // Российская газета. – 2003. – 23 октября (№ 214).

46. Постановление Госстроя РФ от 25 мая 2000 г. № 51 «Об утверждении Классификаторов работ и услуг в жилищно-коммунальном комплексе».

47. Приказ Министерства регионального развития РФ от 10 июля 2013 г. № 288 «Об утверждении методических рекомендаций по установлению минимального размера взноса на капитальный ремонт» (отменен).

48. Приказ Министерства регионального развития РФ от 2 апреля 2013 г. № 124 «Об утверждении Регламента раскрытия информации организациями, осуществляющими деятельность в сфере управления многоквартирными домами, путем ее опубликования в сети Интернет и об определении официального сайта в сети Интернет, предназначенного для раскрытия информации организациями, осуществляющими деятельность в сфере управления многоквартирными домами» // Российская газета. – 2013. – 28 июня (№ 139).

49. Приказ Министерства регионального развития от 15.11.2010 № 495 «Об обеспечении контроля за организациями, осуществляющими деятельность в сфере обслуживания, эксплуатации и ремонта общего имущества многоквартирных домов».

50. Правила учета тепловой энергии и теплоносителя: утв. Минтопэнерго РФ 12 сентября 1995 г. № Вк-4936 (утратили силу).

51. МДС 12-28.2006. Методическое руководство по проведению экспертной оценки безопасности нестационарных рабочих мест на строительных объектах. – М., 2007.

52. МДС 13-18.2000. Рекомендации по подготовке жилищного фонда к зиме. – М., 2002.

53. МДС 13-17.2000. Методические рекомендации по ликвидации нарушений в содержании и использовании жилищного фонда и придомовых территорий (утв. приказом Минстроя РФ от 29 марта 1995 г. № 8).

54. МДС 13-14.2000. Положение о проведении планово-предупредительного ремонта производственных зданий и сооружений (утв. постановлением Госстроя СССР от 29 декабря 1973 г. № 279) (документ не действует).

55. МДС 13.03.2000. Методические рекомендации по организации и проведению текущего ремонта жилищного фонда всех форм собственности (утв. Приказом Госстроя России от 30.12.1999 г. № 170).

56. МДК 2-04.2004. Методическое пособие по содержанию и ремонту жилищного фонда (утв. Госстроем России). – М., 2004.

57. МДК 3-02.2001. Правила технической эксплуатации систем и сооружений коммунального водоснабжения и канализации (утв. приказом Госстроя РФ от 30 декабря 1999 г. № 168).

58. Ведомственные строительные нормы ВСН 58-88 (р). Положение об организации и проведении реконструкции, ремонта и технического обслуживания зданий, объектов коммунального и социально-культурного назначения (утв. приказом Госкомархитектуры при Госстрое СССР от 23 ноября 1988 г. № 312).

59. Ведомственные строительные нормы ВСН 57-88 (р). Положение по техническому обследованию жилых зданий (утв. приказом Госстроя СССР от 6 июля 1988 г. № 191)

60. Ведомственные строительные нормы ВСН 53-86 (р). Правила оценки физического износа жилых зданий (утв. приказом Госстроя СССР от 24 декабря 1986 г. № 446).

61. Ведомственные строительные нормы ВСН 42-85 (р). Правила приемки в эксплуатацию законченных капитальным ремонтом жилых зданий (утв. приказом Госгражданстроя при Госстрое СССР 7 мая 1985 г. № 135) (с изменениями и дополнениями).

62. ГОСТ Р 51929–2002. Услуги жилищно-коммунальные. Термины и определения. – М.: Изд-во стандартов, 2002. – 8 с.

63. ГОСТ 28001–83. Система технического обслуживания и ремонта техники. Основные положения. – М.: Изд-во стандартов, 1983. – 4 с.

64. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 10 июня 2010 г. № 64 «Об утверждении СанПиН 2.1.2.2645-10» (с изменениями и дополнениями) (документ отменен).

65. СанПиН 4723–88. Санитарные правила устройства и эксплуатации систем централизованного горячего водоснабжения (утв. Главным государственным санитарным врачом СССР 15 ноября 1988 г.) (утратили силу).

66. Приказ МЧС РФ от 18 июня 2003 г. № 313 «Об утверждении Правил пожарной безопасности в Российской Федерации (ППБ 01-03)» (утратил силу).

67. ПОТ Р М-025–2002. Межотраслевые правила по охране труда при эксплуатации водопроводно-канализационного хозяйства. – СПб., 2002.

68. Федеральный закон от 19 мая 1995 г. № 82-ФЗ «Об общественных объединениях» // Собрание законодательства Российской Федерации. – 1995. – № 21. – Ст. 1930.

Косов Дмитрий Леонидович, директор ООО «Юридическая компания “Надежда”», президент Алтайской краевой общественной организации потребителей коммунальных ресурсов и услуг «Алтайская ассоциация жилищного самоуправления», медиатор, юрист, председатель общественного совета при Минстрое Алтайского края, член лицензионной комиссии при Инспекции жилищного и строительного надзора Алтайского каря, член комитета по законодательству и праву Алтайской торгово-промышленной палаты, член наблюдательного совета Ассоциации «СОЮЗ ЖКО Алтайского края», эксперт общероссийского народного фронта в Алтайском крае, независимый эксперт, уполномоченный на проведение антикоррупционных экспертиз. Область научных интересов – информационные технологии в социально значимой деятельности. Автор более 30 публикаций. E-mail: kosovdl@mail.ru

DOI: 10.17212/2782-2230-2021-3-68-92

About the role of public organizations in the structure of the housing and communal services system*

D.L. Kosov

656015, RF, Barnaul, 13-2 Depovskaya Street, LLC Law firm "Nadezhda", director. E-mail: kosovdl@mail.ru

The practice of public associations entering various spheres of activity in the territories of the state shows that many associations do not fulfill their missions to ensure a comfortable stay for the citizens of the territories, but are engaged in consumer extremism. They solve their consumer tasks and systematically do not participate in the processes of constructive interaction between the authorities, producers and consumers of services. In this article, for the first time, the issues of interaction of public associations in the housing and communal services system with all the elements available in it are considered. The existing structure of the housing and communal services system is shown, which includes such elements as: federal, regional authorities, resource-supplying, related organizations, regional operators in the field of housing and communal services, performers of housing and communal services, public associations and homeowners and tenants. The stages of the organization of public associations are defined, a block diagram of the algorithm of state registration and registration of a legal entity for public associations is constructed. The internal organizational and managerial structure of associations is shown, their functions and their place in the housing and communal services management system are considered. It should be emphasized that the influence of public organizations is carried out through internal and external management in the housing and communal services system to solve the tasks of promoting the formation of housing self-government as an important institution of civil society and an effective tool for improving the housing and communal industry. It is revealed that an essential tool in the management of the

* *Received 23 June 2021.*

housing and communal services system is the presence of public microstructures in the majority of its elements, interaction with which makes it possible to exert a controlling influence on the entire system as a whole, thereby obtaining positive results in protecting the rights of consumers of housing and communal services.

Keywords: service producers, service consumers, housing and communal services, authorities, public associations, public microstructures, management, flowchart, algorithm, structure, functions

REFERENCES

1. Zhilishchnyi kodeks Rossiiskoi Federatsii [The housing code of the Russian Federation] of December 29, 2004 N 188-FZ (as amended on July 26, 2019). *Sobranie zakonodatel'stva Rossiiskoi Federatsii = Collection of the legislation of the Russian Federation*, 2005, no. 1, pt. 1, art. 14.

2. Gradostroitel'nyi kodeks Rossiiskoi Federatsii [Urban planning code of the Russian Federation] of 24.12.2004 N 190-FZ (as amended on 03.07.2016). *Sobranie zakonodatel'stva Rossiiskoi Federatsii = Collection of the legislation of the Russian Federation*, 2005, no. 1, pt. 1, art. 16.

3. Federal'nyi zakon ot 21 iyulya 2014 g. N 209-FZ "O gosudarstvennoi informatsionnoi sisteme zhilishchno-kommunal'nogo khozyaistva" ["On the state information system of housing and communal services"] (with amendments and additions). *Sobranie zakonodatel'stva Rossiiskoi Federatsii = Collection of the legislation of the Russian Federation*, 2014, no. 30, pt. 1, art. 4210.

4. Federal Law of December 7, 2011 N 416-FZ "On water supply and wastewater disposal". *Sobranie zakonodatel'stva Rossiiskoi Federatsii = Collection of the legislation of the Russian Federation*, 2011, no. 50, art. 7358. (In Russian).

5. Federal Law of July 27, 2010 N 190-FZ "On heat supply". *Sobranie zakonodatel'stva Rossiiskoi Federatsii = Collection of the legislation of the Russian Federation*, 2010, no. 31, art. 4159. (In Russian).

6. Federal Law of November 23, 2009 N 261-FZ "On energy saving and on increasing energy efficiency and on amending certain legislative acts of the Russian Federation". *Sobranie zakonodatel'stva Rossiiskoi Federatsii = Collection of the legislation of the Russian Federation*, 2009, no. 48, art. 5711. (In Russian).

7. Federal Law of July 21, 2007 N 185-FZ "On the Fund for Assistance to the Reform of the Housing and Communal Services". *Sobranie zakonodatel'stva Rossiiskoi Federatsii = Collection of the legislation of the Russian Federation*, 2007, no. 30, art. 3799. (In Russian).

8. Federal Law of December 30, 2004 N 210-FZ "On the basics of regulation of tariffs of communal complex organizations". *Sobranie zakonodatel'stva Rossiiskoi*

Federatsii = Collection of the legislation of the Russian Federation, 2005, no. 1, pt. 1, art. 36. (In Russian).

9. Federal Law of March 26, 2003 N 35-FZ "On electricity". *Sobranie zakonodatel'stva Rossiiskoi Federatsii = Collection of the legislation of the Russian Federation*, 2003, no. 13, art. 1177. (In Russian).

10. Federal Law of December 27, 2002 N 184-FZ "On technical regulation". *Sobranie zakonodatel'stva Rossiiskoi Federatsii = Collection of the legislation of the Russian Federation*, 2002, no. 52, art. 5140. (In Russian).

11. Federal Law of March 31, 1999 N 69-FZ "On gas supply in the Russian Federation". *Sobranie zakonodatel'stva Rossiiskoi Federatsii = Collection of the legislation of the Russian Federation*, 1999, no. 14, art. 1667. (In Russian).

12. Federal Law of April 3, 1996 N 28-FZ "On energy saving". *Sobranie zakonodatel'stva Rossiiskoi Federatsii = Collection of the legislation of the Russian Federation*, 1996, no. 15, art. 1551. (In Russian).

13. Law of the Russian Federation of December 24, 1992 N 4218-1 *"On the fundamentals of the federal housing policy"* (with amendments and additions) (invalidated). (In Russian).

14. Law of the Russian Federation of July 4, 1991 N 1541-I "On the privatization of housing in the Russian Federation". *Vedomosti S"ezda narodnykh deputatov RSFSR i Verkhovnogo Soveta RSFSR = Bulletin of the Congress of People's Deputies of the RSFSR and the Supreme Soviet of the RSFSR*, 1991, no. 28, art. 959. (In Russian).

15. Decree of the President of the Russian Federation of May 7, 2012 N 600 "On measures to provide citizens of the Russian Federation with affordable and comfortable housing and improving the quality of housing and communal services". *Sobranie zakonodatel'stva Rossiiskoi Federatsii = Collection of the legislation of the Russian Federation*, 2012, no. 19, art. 2337. (In Russian).

16. Decree of the President of the Russian Federation of May 27, 1997 N 528 *"On additional measures to reform the housing and communal services of the Russian Federation"* (with amendments and additions) (invalidated). (In Russian).

17. Decree of the President of the Russian Federation of April 28, 1997 N 425 *"On the reform of housing and communal services in the Russian Federation"* (with amendments and additions) (invalidated). (In Russian).

18. Decree of the Government of the Russian Federation of April 2, 2020 N 424 "On the specifics of providing utility services to owners and users of premises in apartment buildings and residential buildings". *Sobranie zakonodatel'stva Rossiiskoi Federatsii = Collection of the legislation of the Russian Federation*, 2020, no. 15, art. 2281. (In Russian).

19. Decree of the Government of the Russian Federation of December 26, 2016 N 1498 "On issues of providing utilities and maintenance of common property in an apartment building". *Sobranie zakonodatel'stva Rossiiskoi Federatsii = Collection of the legislation of the Russian Federation*, 2017, no. 2, pt. 1, art. 338. (In Russian).

20. Resolution of the Government of the Russian Federation of November 12, 2016 N 1156 "On the management of solid municipal waste and amending the Resolution of the Government of the Russian Federation of August 25, 2008 N 64". *Sobranie zakonodatel'stva Rossiiskoi Federatsii = Collection of the legislation of the Russian Federation*, 2016, no. 47, art. 6640. (In Russian).

21. Decree of the Government of the Moscow Region of September 20, 2016 N 679/30 *"On approval of the form of the Unified payment document for making payments for residential premises and the provision of utilities and other services and Methodological recommendations for filling it out"* (with amendments and additions). (In Russian).

22. Resolution of the Government of the Russian Federation of June 30, 2015 N 657 "On measures to monitor the use of the housing stock and ensure its safety, change and invalidate some acts of the Government of the Russian Federation". *Sobranie zakonodatel'stva Rossiiskoi Federatsii = Collection of the legislation of the Russian Federation*, 2015, no. 28, art. 4227. (In Russian).

23. Decree of the Government of the Russian Federation of April 30, 2014 N 400 "On the formation of indices of changes in the amount of payments of citizens for utilities in the Russian Federation". *Sobranie zakonodatel'stva Rossiiskoi Federatsii = Collection of the legislation of the Russian Federation*, 2014, no. 19, art. 2434. (In Russian).

24. Resolution of the Government of the Russian Federation of July 29, 2013 N 643 "On the approval of model contracts in the field of hot water supply". *Sobranie zakonodatel'stva Rossiiskoi Federatsii = Collection of the legislation of the Russian Federation*, 2013, no. 32, art. 4305. (In Russian).

25. Decree of the Government of the Russian Federation of May 15, 2013 N 416 "On the procedure for the implementation of activities for the management of apartment buildings". *Sobranie zakonodatel'stva Rossiiskoi Federatsii = Collection of the legislation of the Russian Federation*, 2013, no. 21, art. 2652. (In Russian).

26. Resolution of the Government of the Russian Federation of August 8, 2012 N 808 "On the organization of heat supply in the Russian Federation and on amending some acts of the Government of the Russian Federation". *Sobranie zakonodatel'stva Rossiiskoi Federatsii = Collection of the legislation of the Russian Federation*, 2012, no. 34, art. 4734. (In Russian).

27. Resolution of the Government of the Russian Federation of April 3, 2013 N 290 *"On the minimum list of services and works necessary to ensure the proper maintenance of common property in an apartment building, and the procedure for their provision and implementation"*. (In Russian).

28. Resolution of the Government of the Russian Federation of February 14, 2012 N 124 "On the rules binding upon the conclusion of contracts for the supply of utilities". *Sobranie zakonodatel'stva Rossiiskoi Federatsii = Collection of the legislation of the Russian Federation*, 2012, no. 8, art. 354. (In Russian).

29. Resolution of the Government of the Russian Federation of May 6, 2011 N 354 "On the provision of utilities to owners and users of premises in apartment buildings and residential buildings". *Sobranie zakonodatel'stva Rossiiskoi Federatsii = Collection of the legislation of the Russian Federation*, 2011, no. 22, art. 3168. (In Russian).

30. Resolution of the Government of the Russian Federation of September 23, 2010 N 731 "On approval of the information disclosure standard by organizations carrying out activities in the management of apartment buildings". *Sobranie zakonodatel'stva Rossiiskoi Federatsii = Collection of the legislation of the Russian Federation*, 2010, no. 40, art. 5064. (In Russian).

31. Resolution of the Government of the Russian Federation of July 21, 2008 N 549 "On the procedure for the supply of gas to meet the household needs of citizens". *Sobranie zakonodatel'stva Rossiiskoi Federatsii = Collection of the legislation of the Russian Federation*, 2008, no. 30, pt. 2, art. 3635. (In Russian).

32. Resolution of the Government of the Russian Federation of August 13, 2006 N 491 "On approval of the Rules for the maintenance of common property in an apartment building and the Rules for changing the amount of payment for the maintenance of residential premises in the event of the provision of services and performance of work on the management, maintenance and repair of the general property in an apartment building of inadequate quality and (or) with interruptions exceeding the established duration". *Sobranie zakonodatel'stva Rossiiskoi Federatsii = Collection of the legislation of the Russian Federation*, 2006, no. 34, art. 3680. (In Russian).

33. Decree of the Government of the Russian Federation of May 23, 2006 N 306 "On approval of the Rules for establishing and determining standards for the consumption of communal services and standards for the consumption of communal resources in order to maintain common property in an apartment building". *Sobranie zakonodatel'stva Rossiiskoi Federatsii = Collection of the legislation of the Russian Federation*, 2006, no. 22, art. 2338. (In Russian).

34. Decree of the Government of the Russian Federation of February 6, 2006 N 75 "On the procedure for holding an open tender by the local government body

for the selection of a managing organization for managing an apartment building". *Sobranie zakonodatel'stva Rossiiskoi Federatsii = Collection of the legislation of the Russian Federation*, 2006, no. 7, art. 786. (In Russian).

35. On ensuring control over organizations carrying out activities in the sphere of maintenance, operation and repair of common property of apartment buildings 495. *Sobranie zakonodatel'stva Rossiiskoi Federatsii = Collection of the legislation of the Russian Federation*, 2006, no. 6, art. 702. (In Russian).

36. Resolution of the Government of the Russian Federation of January 21, 2006 N 25 "On approval of the Rules for the use of residential premises". *Sobranie zakonodatel'stva Rossiiskoi Federatsii = Collection of the legislation of the Russian Federation*, 2006, no. 5, art. 546. (In Russian).

37. Resolution of the Government of the Russian Federation of July 30, 2004 N 392 "On the procedure and conditions of payment by citizens for housing and utilities". *Sobranie zakonodatel'stva Rossiiskoi Federatsii = Collection of the legislation of the Russian Federation*, 2004, no. 32, art. 3339. (In Russian).

38. Resolution of the Government of the Russian Federation of September 26, 1994 N 1086 "On the state housing inspection in the Russian Federation". *Sobranie zakonodatel'stva Rossiiskoi Federatsii = Collection of the legislation of the Russian Federation*, 1994, no. 23, art. 2566. (In Russian).

39. Letter of the Department of Tax and Customs Tariff Policy of the Ministry of Finance of the Russian Federation dated February 10, 2010 N 03-11-06/2/16 *"On taxation when applying the simplified tax system of funds received by a partnership of homeowners from their members to pay for utilities, maintenance and repairs common property of an apartment building"*. (In Russian).

40. Letter of the Ministry of Regional Development of the Russian Federation of May 2, 2007 N 8167-UT/07 *"On payment for residential premises and utilities"*. (In Russian).

41. Letter of the Ministry of Regional Development of the Russian Federation of May 2, 2007 N 8166-RM/07 *"On the application of tariffs for calculating the amount of payment for utilities"*. (In Russian).

42. Letter of the Ministry of Regional Development of the Russian Federation of April 4, 2007 N 6037-RM/07 *"On determining the list of common property of owners of premises in an apartment building"*. (In Russian).

43. Letter of the Ministry of Regional Development of the Russian Federation of December 20, 2006 N 14314-RM/07 *"On the timing of the emergence of the obligation to start managing an apartment building"*. (In Russian).

44. Letter of the Ministry of Regional Development of the Russian Federation of December 20, 2006 N 14316-RM/07 *"On the transfer of apartment buildings when choosing a management method"*. (In Russian).

45. Resolution of the State Construction Committee of the Russian Federation of September 27, 2003 N 170 "On the approval of the Rules and norms for the technical operation of the housing stock". *Rossiiskaya gazeta = Russia's newspaper*, 2003, October 23, no. 214. (In Russian).

46. Resolution of the State Construction Committee of the Russian Federation of May 25, 2000 N 51 *"On approval of the Classifiers of works and services in the housing and communal complex"*. (In Russian).

47. Order of the Ministry of Regional Development of the Russian Federation of July 10, 2013 N 288 *"On approval of guidelines for establishing the minimum contribution for major repairs"* (canceled). (In Russian).

48. Order of the Ministry of Regional Development of the Russian Federation of April 2, 2013 N 124 "On approval of the Regulations for disclosing information by organizations operating in the management of apartment buildings by publishing it on the Internet and on determining the official website on the Internet, intended for the disclosure of information by organizations operating in the management of multi-apartment buildings". *Rossiiskaya gazeta = Russia's newspaper*, 2013, June 28, no. 139. (In Russian).

49. Order of the Ministry of Regional Development of 15.11.2010 N 495 "On ensuring control over organizations carrying out activities in the field of maintenance, operation and repair of common property of apartment buildings". (In Russian).

50. *Rules for metering heat energy and heat carrier* (approved by the Ministry of Fuel and Energy of the Russian Federation on September 12, 1995 N Vk-4936) (no longer valid). (In Russian).

51. Methodical documentation in construction 12-28.2006. *Methodological guidelines for the expert assessment of the safety of non-stationary workplaces at construction sites*. Moscow, 2007. (In Russian).

52. Methodical documentation in construction 13-18.2000. *Recommendations for preparing the housing stock for the winter*. Moscow, 2002. (In Russian).

53. Methodical documentation in construction 13-17.2000. *Guidelines for the elimination of violations in the maintenance and use of the housing stock and adjoining territories* (approved by order of the Department of Housing and Communal Services of the Ministry of Construction of the Russian Federation of March 29, 1995 N 8). (In Russian).

54. Methodical documentation in construction 13-14.2000. *Regulations on the scheduled preventive maintenance of industrial buildings and structures* (approved by the decree of the USSR State Construction Committee of December 29, 1973 N 279) (the document is not valid). (In Russian).

55. Methodical documentation in construction 13.03.2000. *Guidelines for organizing and conducting current repairs of the housing stock of all forms of ownership* (approved by order State Construction Committee of the Russian Federation of December 30, 1999 N 170). (In Russian).

56. Methodical document 2-04.2004. *Methodological manual for the maintenance and repair of the housing stock* (approved by the State Construction Committee of the Russian Federation). Moscow, 2004. (In Russian).

57. Methodical document 3-02.2001. *Rules for the technical operation of systems and structures of municipal water supply and sewerage* (approved by order of the State Construction Committee of the Russian Federation of December 30, 1999 N 168). (In Russian).

58. Departmental building codes VSN 58-88 (p). *Regulations on the organization and implementation of the reconstruction, repair and maintenance of buildings, communal and socio-cultural facilities* (approved by order of the State Committee for Architecture and Construction under the USSR State Construction Committee of November 23, 1988 Mr. N 312). (In Russian).

59. Departmental building codes VSN 57-88 (p). *Regulation on the technical inspection of residential buildings* (approved by order of the USSR State Construction Committee of July 6, 1988 91). (In Russian).

60. Departmental building codes VSN 53-86 (p). *Rules for assessing the physical deterioration of residential buildings* (approved by order of the USSR State Construction Committee of December 24, 1986 N 446). (In Russian).

61. Departmental building codes VSN 42-85 (p). *Rules for the acceptance into operation of residential buildings completed with major repairs* (approved by order of the State Civil Construction Committee under the USSR State Construction Committee on May 7, 1985 N 135) (with amendments and additions). (In Russian).

62. GOST R 51929–2002. *Uslugi zhilishchno-kommunal'nye. Terminy i opredeleniya* [State standard R 51929–2002. Housing and communal services. Terms and definitions]. Moscow, Standards Publ., 2002. 8 p.

63. GOST 28001–83. *Sistema tekhnicheskogo obsluzhivaniya i remonta tekhniki. Osnovnye polozheniya* [State standard 28001–83. System of technical maintenance and repair of equipment. Basic provisions]. Moscow, Standards Publ., 1983. 4 p.

64. Resolution of the Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation of June 10, 2010 N 64 "On the approval of SanPiN 2.1.2.2645-10" (with amendments and additions) (document canceled). (In Russian).

65. Sanitary rules and norms SanPiN 4723–88. *Sanitary rules for the construction and operation of centralized hot water supply systems* (approved by the Chief State Sanitary Doctor of the USSR on November 15, 1988) (expired). (In Russian).

66. Order of the Ministry of Emergency Situations of the Russian Federation of June 18, 2003 N 313 *"On approval of the Fire safety rules in the Russian Federation (PPB 01-03)"* (invalidated). (In Russian).

67. POT R M-025–2002. *Intersectoral rules on labor protection during the operation of water supply and sewerage facilities*. St. Petersburg, 2002. (In Russian).

68. Federal Law of May 19, 1995 N 82-FZ "On Public Associations". *Sobranie zakonodatel'stva Rossiiskoi Federatsii = Collection of the legislation of the Russian Federation*, 1995, no. 21, art. 1930. (In Russian).

Для цитирования:

Косов Д.Л. О роли общественных организаций в структуре системы ЖКХ // Безопасность цифровых технологий. – 2021. – № 3 (102). – С. 68–92. – DOI: 10.17212/2782-2230-2021-3-68-92.

For citation:

Kosov D.L. O roli obshchestvennykh organizatsii v strukture sistemy ZhKKh *// Bezopasnost' tsifrovykh tekhnologii* [About the role of public organizations in the structure of the housing and communal services system]. *Bezopasnost' tsifrovykh tekhnologii = Digital Technology Security*, 2021, no. 3 (102), pp. 68–92. DOI: 10.17212/2782-2230-2021-3-68-92.

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

УСЛОВИЯ ПРИЕМА СТАТЕЙ

Перед отправкой рукописи в редакцию авторам обязательно требуется проверить свою статью с помощью системы «Антиплагиат». Принятый Редакционной коллегией уровень оригинальности статей должен составлять не менее 85 %.

Все статьи и сопровождающие их материалы в журнал подаются через сайт журнала в электронном виде после регистрации всех авторов статьи. Регистрация обязывает каждого автора иметь международный идентификационный номер ORCID. Иные варианты подачи материалов не рассматриваются.

Автор (один из соавторов) в своем личном кабинете выбирает в меню пункт «Подать статью» и вводит все необходимые данные. Своих соавторов при этом он выбирает из списка зарегистрированных пользователей.

Рукопись статьи готовится в соответствии с правилами оформления в редакторе MS Word и прикрепляется в формате *.doc, *.docx.

Сканированные лицензионный договор с подписями авторов и экспертное заключение (цветной режим сканирования, разрешение не менее 600 dpi) необходимо также прикрепить на сайте журнала в разделе «Подать статью» в формате *.pdf, *.jpg, *.jpeg.

По окончании всех работ обязательно нажать кнопку «Отправить в редакцию».

В редакцию журнала предоставляются следующие материалы.

1. **Статья**, подготовленная в соответствии с правилами оформления, – печатная версия, 2 экземпляра, подписанных авторами.

2. **Контактная информация** (телефоны рабочий и сотовый, адреса электронной почты, место работы, адрес места работы, должность, ученая степень, ученое звание автора) – печатная версия, 2 экземпляра.

3. **Описание статьи для базы данных «Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)»**, подготовленное в соответствии с правилами оформления, – печатная версия, один экземпляр.

4. **Лицензионный договор**, заполненный и подписанный.

5. **Электронная версия статьи, контактной информации, описания статьи для базы данных РИНЦ, сканированный лицензионный договор и экспертное заключение о возможности опубликования (в отдельных файлах на адрес редакции)**.

6. **Экспертное заключение о возможности опубликования**.

Редакцией рассматриваются только те материалы авторов, которые полностью соответствуют вышеобозначенным требованиям. Неполный пакет материалов редакцией не рассматривается.

Подготовленные материалы направляются на почтовый адрес редакции: 630073, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, Новосибирский государственный технический университет (НГТУ), корп. 7, ком. 606, в редакцию журнала «Безопасность цифровых технологий».

Все рукописи рецензируются, по результатам рецензирования редколлегия принимает решение о целесообразности опубликования материалов.

ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ

При подготовке документов для отправки в редакцию журнала авторам рекомендуется внимательно прочитать правила и посмотреть примеры оформления статей и всех необходимых сопутствующих документов. Редакция рассматривает статьи, подготовленные как на русском, так и на английском языке. Для опубликования статьи на английском языке необходимо дополнительно предоставить ее русскоязычный вариант, оформленный по правилам журнала (кроме зарубежных авторов).

Перед отправкой рукописи в редакцию авторы должны проверить свою статью с помощью системы «Антиплагиат». Принятый Редакционной коллегией уровень оригинальности статей – не менее 85 %.

Чтобы статья была направлена на рецензирование, Вам необходимо подготовить следующее:

1) **статью** в соответствии с правилами оформления (объем от 7 до 30 страниц);

2) **контактную информацию** в одном файле предоставить по каждому автору: ФИО полностью, ученая степень, ученое звание автора, должность, место работы, адрес места работы, телефон рабочий и мобильный, адрес электронной почты;

3) **описание статьи для базы данных «Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)»**;

4) **лицензионный договор** заполнить, бланк лицензионного договора должен быть подписан только авторами (он доступен авторам также в личном кабинете); если авторов несколько, то необходимо добавить поля на всех авторов и подписать каждому из них;

5) **экспертное заключение** о возможности опубликования, принятое в Вашей организации;

6) авторы, не являющиеся сотрудниками НГТУ, предоставляют **сопроводительное письмо** на имя проректора по научной работе НГТУ (ссылка на страницу сайта НГТУ). Письмо нужно подготовить на бланке организации с подписью и печатью руководителя.

ОСНОВНЫЕ РАЗДЕЛЫ ЖУРНАЛА

Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами.

Управление в социальных и экономических системах.

Методы и системы защиты информации, информационная безопасность.

RULES FOR AUTHORS

CONDITIONS FOR ACCEPTANCE OF ARTICLES

Before sending the manuscript to the editorial office, authors must check their article using the Antiplagiarism system. The level of originality of articles adopted by the Editorial Board should be at least 85 %.

All articles and their accompanying materials are submitted to the magazine through the magazine's website in electronic form after registration of all the authors of the article. Registration obliges each author to have an international ORCID. No other material supply options are considered.

The author (one of the co-authors) in his personal account selects the item "Submit article" in the menu and enters all the necessary data. At the same time, he selects his co-authors from the list of registered users.

The manuscript of the article is prepared in accordance with the design rules in the MS Word editor and attached in the format * .doc, * .docx.

Scanned license agreement with signatures of authors and expert opinion (color mode scanning, resolution not less than 600 dpi) can also be attached on the website of the magazine in the section "Submit article" in the format * .pdf, * .jpg, * .jpeg.

At the end of all works, be sure to click the "Send to Design" button.

The following materials are provided to the journal editor:

1. **The article**, prepared in accordance with the rules of design, is a private version, 2 copies signed by the authors.
2. **Contact information** (working and cellular phones, e-mail addresses, place of work, address of the place of work, position, scientific degree, academic title of the author) - printed version, 2 copies.
3. **The description of the article** for the database "**Russian Scientific Citation Index (RSCI)**," prepared in accordance with the rules of form-making, is a printed version, one copy.
4. **License agreement** completed and signed.
5. **Electronic version of the article**, contact information, description of the article for the RSCI database, scanned license agreement and expert opinion on the possibility of publication (in separate files to the editorial address).
6. **Expert opinion** on the possibility of publication.

The editors consider only those materials of the authors that fully meet the above requirements. Incomplete package of materials is not considered by the revision.

The prepared materials are sent to the postal address of the editorial office: 630073, Novosibirsk, pr. Karl Marx, 20, Novosibirsk State Technical University

(NSTU), building 7, office 606, to the editors of the journal "Digital Technology Security."

All manuscripts were reviewed, and according to the results of the review, the editorial board decided on the appropriateness of publishing the materials.

FORMATTING RULES

When preparing documents for submission to the journal editor, authors are advised to carefully read the rules and see examples of the design of articles and all necessary related documents. The Drafting Committee considered articles prepared in both Russian and English. To publish the article in English, it is necessary to additionally provide its Russian-language version, drawn up according to the rules of the magazine (except for foreign authors).

Before sending the manuscript to the editorial board, authors should check their article using the Antiplagiarism system. The level of originality of articles adopted by the Editorial Committee was at least 85 %.

For the article to be aimed at peer review, you need to prepare the following:

1) **the article** in accordance with the rules of design (volume from 7 to 30 pages);

2) **provide contact information** in one file for each author: full name, degree, academic title of the author, position, place of work, address of the place of work, telephone number of the worker and mobile, e-mail address;

3) **description of the article** for the database "Russian Scientific Citation Index (RSCI)";

4) fill out the **license agreement**, the form of the license agreement must be signed only by the authors (it is also available to the authors in the personal office), if there are several authors, then it is necessary to add fields on all authors and sign each of them;

5) **expert opinion** on the possibility of publication, adopted in your organization;

6) authors who are not employees of the NSTU provide a **companion letter** addressed to the vice-rector for scientific work of the NSTU (link to the page of the NSTU website). The letter should be prepared on the form of the organization with the signature and seal of the manager.

JOURNAL SECTION

Automation and control of technological processes and productions.
Governance in social and economic systems.
Methods and systems of information protection, information security.