

ИЗВЕСТИЯ

ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

ЧЕРНАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ

Том 63 Номер 5 2020

• 1930-2020 •



СИБИРСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ



ГОРДИМСЯ ПРОШЛЫМ • РАЗВИВАЕМСЯ В НАСТОЯЩЕМ • СОЗДАЕМ БУДУЩЕЕ



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ

ИЗВЕСТИЯ

ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

ЧЕРНАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ

№ 5, 2020

Издается с января 1958 г. ежемесячно

Том 63

ИЗВЕСТИЯ

ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

ЧЕРНАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ

Главный редактор: ЛЕОНТЬЕВ Л.И.
(Российская Академия Наук, г. Москва)

Заместитель главного редактора: ПРОТОПОПОВ Е.В.
(Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк)

Заместитель ответственного секретаря: БАЩЕНКО Л.П.
(Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк)

Члены редакционной коллегии:

АЛЕШИН Н.П. (Российская Академия Наук, г. Москва)
АСТАХОВ М.В. (Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», г. Москва)
АШИХМИН Г.В. (ОАО «Институт Цветмет-обработка», г. Москва)
БАЙСАНОВ С.О. (Химико-металлургический институт им. Ж.Абишева, г. Караганда, Республика Казахстан)
БЕЛОВ В.Д. (Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», г. Москва)
БРОДОВ А.А., редактор раздела «Экономическая эффективность металлургического производства» (ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина», г. Москва)
ВОЛЫНКИНА Е.П. (Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк)
ГЛЕЗЕР А.М. (Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», г. Москва)
ГОРБАТЮК С.М. (Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», г. Москва)
ГРИГОРОВИЧ К.В., редактор раздела «Металлургические технологии» (Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН, г. Москва)
ГРОМОВ В.Е. (Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк)
ДМИТРИЕВ А.Н. (Институт металлургии УрО РАН, г. Екатеринбург)
ДУБ А.В. (ЗАО «Наука и инновации», г. Москва)
ЖУЧКОВ В.И. (Институт металлургии УрО РАН, г. Екатеринбург)
ЗИНГЕР Р.Ф. (Институт Фридриха-Александра, Германия)
ЗИНИГРАД М. (Институт Ариэль, Израиль)
ЗОЛОТУХИН В.И. (Тульский государственный университет, г. Тула)
КОЛМАКОВ А.Г. (Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН, г. Москва)

КОЛОКОЛЬЦЕВ В.М. (Магнитогорский государственный технический университет, г. Магнитогорск)
КОСТИНА М.В. (Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН, г. Москва)
КОСЫГЕВ К.Л. (АО «НПО «ЦНИИТМаш», г. Москва)
КУРГАНОВА Ю.А. (МГУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва)
КУРНОСОВ В.В. (Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», г. Москва)
ЛПИНН Х. (ООО «Линн Хай Терм», Германия)
ЛЫСАК В.И. (Волгоградский государственный технический университет, г. Волгоград)
МЕШАЛКИН В.П. (Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева, г. Москва)
МУЛЮКОВ Р.Р. (ФГБУН Институт проблем сверхпластичности металлов РАН, г. Уфа)
МЫШЛЯЕВ Л.П. (Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк)
НИКУЛИН С.А. (Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», г. Москва)
НУРУМГАЛИЕВ А.Х. (Карагандинский государственный индустриальный университет, г. Караганда, Республика Казахстан)
ОСТРОВСКИЙ О.И. (Университет Нового Южного Уэльса, Сидней, Австралия)
ПИЕТРЕЛЛИ ЛОРИС (Итальянское национальное агентство по новым технологиям, энергетике и устойчивому экономическому развитию, Рим, Италия)
ПОДГОРОДНИКОВ Г.С., редактор раздела «Ресурсосбережение в черной металлургии» (Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», г. Москва)
ПЫШМИНЦЕВ И.Ю., редактор раздела «Инновации в металлургическом и лабораторном оборудовании, технологиях и материалах» (Российский научно-исследовательский институт трубной промышленности, г. Челябинск)

РАПЕВ Ц.В., редактор раздела «Стали особого назначения» (Академия наук Болгарии, Болгария)
РУДСКОЙ А.И. (Санкт-Петербургский Политехнический Университет Петра Великого, г. Санкт-Петербург)
СИВАК Б.А. (АО АХК «ВНИИМЕТМАШ», г. Москва)
СИМОНЯН Л.М., редактор раздела «Экология и рациональное природопользование» (Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», г. Москва)
СМИРНОВ Л.А. (ОАО «Уральский институт металлов», г. Екатеринбург)
СОЛОДОВ С.В., редактор раздела «Информационные технологии и автоматизация в черной металлургии» (Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», г. Москва)
СПИРИН Н.А. (Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург)
ТАНГ ГУОИ (Институт перспективных материалов университета Циньхуа, г. Шеньжень, Китай)
ТЕМЛЯНЦЕВ М.В. (Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк)
ФИЛОНОВ М.Р., редактор раздела «Материаловедение» (Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», г. Москва)
ЧУМАНОВ И.В. (Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск)
ШЕШУКОВ С.Ю. (Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург)
ШПАЙДЕЛЬ М.О. (Швейцарская академия материаловедения, Швейцария)
ЮРЬЕВ А.Б. (ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК», г. Новокузнецк)
ЮСУПОВ В.С. (Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН, г. Москва)

Учредители:



Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»



Сибирский государственный индустриальный университет

Настоящий номер журнала подготовлен к печати
Сибирским государственным индустриальным университетом

Адреса редакции:

119991, Москва, Ленинский пр-т, д. 4
Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС».
Тел.: (495) 638-44-11, (499) 236-14-27
E-mail: fermet.misis@mail.ru, ferrous@misis.ru
www.fermet.misis.ru

654007, Новокузнецк, 7,
Кемеровской обл., ул. Кирова, д. 42
Сибирский государственный индустриальный университет,
Тел.: (3843) 74-86-28
E-mail: redjizvz@sibsiu.ru

Журнал «Известия ВУЗов. Черная металлургия» по решению ВАК входит в «Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук».

Журнал «Известия ВУЗов. Черная металлургия» индексируется в международной базе данных Scopus.

Журнал «Известия ВУЗов. Черная металлургия» зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи и массовых коммуникаций ПИ № ФС 77-35456

IZVESTIYA

VUZOV. CHERNAYA METALLURGIYA

IZVESTIYA. FERROUS METALLURGY

Editor-in-Chief: LEONT'EV L.I.
(Russian Academy of Sciences, Moscow)

Deputy Editor-in-Chief: PROTOPOPOV E.V.
(Siberian State Industrial University, Novokuznetsk)

Deputy Coordinating Editor: BASHCHENKO L.P.
(Siberian State Industrial University, Novokuznetsk)

Editorial Board:

N.P. ALESHIN (Russian Academy of Sciences, Moscow)
G.V. ASHIKHMIN (JSC "Institute
Tsnetmetobrabotka", Moscow)

M.V. ASTAKHOV (National Research Technological
University "MISIS", Moscow)

S.O. BAISANOV (Abishev Chemical-Metallurgical
Institute, Karaganda, Republic of Kazakhstan)

V.D. BELOV (National Research Technological
University "MISIS", Moscow)

A.A. BRODOV, Editor of the section "Economic effi-
ciency of metallurgical production" (IP Bardin Central
Research Institute for Ferrous Metallurgy, Moscow)

I.V. CHUMANOV (South Ural State Research
University, Chelyabinsk)

A.N. DMITRIEV (Institute of Metallurgy, Ural
Branch of the Russian Academy of Sciences, Ural Federal
University, Ekaterinburg)

A.V. DUB (JSC "Science and Innovations", Moscow)

M.R. FILONOV, Editor of the section "Material
science" (National Research Technological University
"MISIS", Moscow)

A.M. GLEZER (National Research Technological
University "MISIS", Moscow)

S.M. GORBATYUK (National Research Technological
University "MISIS", Moscow)

K.V. GRIGOROVICH, Editor of the section "Metallur-
gical Technologies" (Baikov Institute of Metallurgy and
Materials Science of RAS, Moscow)

V.E. GROMOV (Siberian State Industrial University,
Novokuznetsk)

A.G. KOLMAKOV (Baikov Institute of Metallurgy and
Materials Science of RAS, Moscow)

V.M. KOLOKOL'TSEV (Magnitogorsk State Technical
University, Magnitogorsk)

M.V. KOSTINA (Baikov Institute of Metallurgy and
Materials Science of RAS, Moscow)

K.L. KOSYREV (JSC "NPO "TSNIITMash", Moscow)

YU.A. KURGANOVA (Bauman Moscow State
Technical University, Moscow)

V.V. KURNOSOV (National Research Technological
University "MISIS", Moscow)

H. LINN (Linn High Therm GmbH, Hirschbach,
Germany)

V.I. LYSAK (Volgograd State Technical University,
Volgograd)

V.P. MESHALKIN (D.I. Mendeleev Russian Chemical-
Technological University, Moscow)

R.R. MULYUKOV (Institute of Metals Superplasticity
Problems of RAS, Ufa)

L.P. MYSHLYAEV (Siberian State Industrial
University, Novokuznetsk)

S.A. NIKULIN (National Research Technological
University "MISIS", Moscow)

A.KH. NURUMGALIEV (Karaganda State Industrial
University, Karaganda, Republic of Kazakhstan)

O.I. OSTROVSKI (University of New South Wales,
Sidney, Australia)

LORIS PIETRELLI (Italian National Agency for
New Technologies, Energy and Sustainable Economic
Development, Rome, Italy)

G.S. PODGORODETSKII, Editor of the section
"Resources Saving in Ferrous Metallurgy" (National
Research Technological University "MISIS", Moscow)

I.YU. PYSHMINTSEV, Editor of the section
"Innovations in metallurgical industrial and
laboratory equipment, technologies and materials"

(Russian Research Institute of the Pipe Industry,
Chelyabinsk)

TS.V. RASHEV, Editor of the section "Superduty steel"
(Bulgarian Academy of Sciences, Bulgaria)

A.I. RUDSKOI (Peter the Great Saint-Petersburg
Polytechnic University, Saint-Petersburg)

O.YU. SHESHUKOV (Ural Federal University,
Ekaterinburg)

L.M. SIMONYAN, Editor of the section "Ecology
Rational Use of Natural Resources" (National Research
Technological University "MISIS", Moscow)

R.F. SINGER (Friedrich-Alexander University, Germany)

B.A. SIVAK (VNIIMETMASH Holding Company,
Moscow)

L.A. SMIRNOV (OJSC "Ural Institute of Metals",
Ekaterinburg)

S.V. SOLODOV, Editor of the section "Information
Technologies and Automatic Control in Ferrous
Metallurgy" (National Research Technological University
"MISIS", Moscow)

M. SPEIDEL (Swiss Academy of Materials, Switzerland)

N.A. SPIRIN (Ural Federal University, Ekaterinburg)

TANG GUOI (Institute of Advanced Materials of
Tsinghua University, Shenzhen, China)

M.V. TEMLYANTSEV (Siberian State Industrial
University, Novokuznetsk)

E.P. VOLYNKINA (Siberian State Industrial
University, Novokuznetsk)

A.B. YUR'EV (OJSC "ZSMK", Novokuznetsk)

V.S. YUSUPOV (Baikov Institute of Metallurgy and
Materials Science of RAS, Moscow)

V.I. ZHUCHKOV (Institute of Metallurgy, Ural
Branch of the Russian Academy of Sciences, Ural Federal
University, Ekaterinburg)

M. ZINIGRAD (Ariel University, Israel)

V.I. ZOLOTUKHIN (Tula State University, Tula)

Founders:



National Research Technological University "MISIS"



Siberian State Industrial University

This issue of the journal was prepared by
Siberian State Industrial University

Editorial Addresses:

119991, Moscow, Leninskii prosp., 4
National Research Technological University "MISIS",
Tel.: +7 (495) 638-44-11, +7 (499) 236-14-27
E-mail: fermet.misis@mail.ru, ferrous@sisis.ru
www.fermet.misis.ru

654007, Novokuznetsk, Kemerovo region,
Kirova str., 42
Siberian State Industrial University,
Tel.: +7 (3843) 74-86-28
E-mail: redjizvz@sibsiu.ru

Journal "Izvestiya VUZov. Chernaya Metallurgiya = Izvestiya. Ferrous metallurgy" is included in the "List of the leading peer-reviewed scientific journals and publications. in which should be published major scientific results of dissertations for the degree of doctor and candidate of sciences" by the decision of the Higher Attestation Commission.

The journal "Izvestiya VUZov. Chernaya Metallurgiya = Izvestiya. Ferrous metallurgy" is indexed in Scopus.

Journal "Izvestiya VUZov. Chernaya Metallurgiya = Izvestiya. Ferrous metallurgy" is registered
in Federal Service for Supervision in the Sphere of Mass Communications PI number FS77-35456

СОДЕРЖАНИЕ

Протопопов Е.В. СибГИУ – 90! Гордимся прошлым, развиваемся в настоящем, создаем будущее! 291

МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

- Протопопов Е.В., Числавлев В.В., Темлянец М.В., Головатенко А.В.** Повышение эффективности рафинирования рельсовой стали в промежуточных ковшах МНЛЗ на основе рациональной организации гидродинамических процессов 298
- Козырев Н.А., Шевченко Р.А., Усольцев А.А., Прудников А.Н., Башенко Л.П.** Разработка и моделирование технологического процесса сварки дифференцированно термоупрочненных железнодорожных рельсов. Промышленное опробование 305
- Фастыковский А.Р., Никитин А.Г., Белиев С.В., Добрянский А.В.** Особенности освоения технологии прокатки-разделения на действующем непрерывном мелкосортном стане 313
- Уманский А.А., Дорофеев В.В., Думова Л.В.** Разработка теоретических основ энергоэффективного производства железнодорожных рельсов с повышенными эксплуатационными свойствами 318
- Приходько О.Г., Деев В.Б., Прусов Е.С., Куценко А.И.** Влияние теплофизических характеристик сплава и материала литейной формы на скорость затвердевания отливок 327
- Аникин А.Е., Галевский Г.В., Руднева В.В.** Исследование технологических режимов эффективной металлизации оксид-железосодержащих отходов металлургического производства ... 335

ЭКОЛОГИЯ И РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

Нохрина О.И., Рожихина И.Д., Едильбаев А.И., Едильбаев Б.А. Марганцевые руды Кемеровской области – Кузбасса и методы их обогащения 344

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

- Осколкова Т.Н., Симачев А.С.** Влияние импульсно-плазменного модифицирования титаном и бором поверхности твердого сплава VK10KS на его структуру и свойства 351
- Зоря И.В., Полегаев Г.М., Старостенков М.Д., Ракитин Р.Ю., Коханенко Д.В.** Влияние примесей легких элементов на процесс кристаллизации никеля в области тройного стыка границ зерен: молекулярно-динамическое моделирование 357

ИННОВАЦИИ В МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОМ ПРОМЫШЛЕННОМ И ЛАБОРАТОРНОМ ОБОРУДОВАНИИ, ТЕХНОЛОГИЯХ И МАТЕРИАЛАХ

Рыбенко И.А., Роос Х.-Г. Метод и инструментальная система для моделирования и оптимизации технологических режимов процессов прямого восстановления металлов в агрегате струйно-эмульсионного типа 364

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И АВТОМАТИЗАЦИЯ В ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

Зимин А.В., Золн И.А., Буркова И.В., Зимин В.В. Планирование развертывания сервисных активов, основанное на данных о применении ИТ-сервисов 373

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

Глушакова О.В., Черникова О.П., Стрекалова С.А. Интегральная оценка эффективности реализации корпоративных стратегий предприятиями черной металлургии 379

ПОДГОТОВКА КАДРОВ ДЛЯ ОТРАСЛИ

Цымбал В.П., Буинцев В.Н., Кожемяченко В.И., Калашников С.Н., Сеченов П.А. Математическое моделирование в учебном процессе, исследованиях и малоэнергетических металлургических технологиях 389

CONTENTS

E.V. Protopopov To the 90th Anniversary of Siberian State Industrial University 291

METALLURGICAL TECHNOLOGIES

- E.V. Protopopov, V.V. Chislavlev, M.V. Temlyantsev, A.V. Golovatenko** Increasing efficiency of rail steel refining in CCM tundish based on rational organization of hydrodynamic processes 298
- N.A. Kozyrev, R.A. Shevchenko, A.A. Usol'tsev, A.N. Prudnikov, L.P. Bashchenko** Welding of differentially heat-strengthened rails. Industrial testing 305
- A.R. Fastyskovskii, A.G. Nikitin, S.V. Belyaev, A.V. Dobryanskii** Features of the rolling-separation technology development on operating continuous small-grade mill 313
- A.A. Umanskii, V.V. Dorofeev, L.V. Dumova** Theoretical foundations for energy-efficient production of railway rails with improved performance properties 318
- O.G. Prikhod'ko, V.B. Deev, E.S. Prusov, A.I. Kutsenko** Influence of thermophysical characteristics of alloy and mold material on castings solidification rate 327
- A.E. Anikin, G.V. Galevskii, V.V. Rudneva** Technological modes of efficient metallization of iron-oxide-containing waste from metallurgical production 335

ECOLOGY AND RATIONAL USE OF NATURAL RESOURCES

O.I. Nokhrina, I.D. Rozhikhina, A.I. Edil'baev, B.A. Edil'baev Manganese ores of the Kemerovo Region – Kuzbass and methods of their enrichment 344

MATERIAL SCIENCE

- T.N. Oskolkova, A.S. Simachev** Influence of pulse-plasma modification of VK10KS solid alloy surface by titanium and boron on its structure and properties 351
- I.V. Zorya, G.M. Poletaev, M.D. Starostenkov, R.Yu. Rakitin, D.V. Kokhanenko** Effect of light elements impurity on process of nickel crystallization near the triple interface of grain boundaries: A molecular dynamics simulation 357

INNOVATIONS IN METALLURGICAL INDUSTRIAL AND LABORATORY EQUIPMENT, TECHNOLOGIES AND MATERIALS

I.A. Rybenko, Roos Hans-Georg Technological modes of metals direct reduction in an aggregate of jet-emulsion type 364

INFORMATION TECHNOLOGIES AND AUTOMATIC CONTROL IN FERROUS METALLURGY

A.V. Zimin, I.A. Zolin, I.V. Burkova, V.V. Zimin Planning service assets deployment based on information about dynamics of IT services use 373

ECONOMIC EFFICIENCY OF METALLURGICAL PRODUCTION

O.V. Glushakova, O.P. Chernikova, S.A. Strekalova Integral assessment of corporate strategies implementation efficiency of ferrous metallurgy enterprises 379

ПОДГОТОВКА КАДРОВ ДЛЯ ОТРАСЛИ

V.P. Tsybmal, V.N. Buintsev, V.I. Kozhemyachenko, S.N. Kalashnikov, P.A. Sechenov Mathematical modeling in education process, research and low-energy metallurgical technologies 389

УДК 519.876.2

ПЛАНИРОВАНИЕ РАЗВЕРТЫВАНИЯ СЕРВИСНЫХ АКТИВОВ, ОСНОВАННОЕ НА ДАННЫХ О ПРИМЕНЕНИИ ИТ-СЕРВИСОВ

Зимин А.В.¹, к.т.н., доцент кафедры автоматизации и информационных систем (zimin.0169@yandex.ru)

Золин И.А.¹, магистрант кафедры автоматизации и информационных систем (igorzolin007@yandex.kz)

Буркова И.В.², д.т.н., ведущий научный сотрудник (irbur27@mail.ru)

Зимин В.В.¹, д.т.н., профессор кафедры автоматизации и информационных систем (zimin.1945@mail.ru)

¹ Сибирский государственный индустриальный университет
(654007, Россия, Кемеровская обл., Новокузнецк, ул. Кирова, 42)

² Институт проблем управления РАН
(117997, Россия, Москва, ул. Профсоюзная, 65)

Аннотация. Развертывание новых сервисных активов в эксплуатационной ИТ-среде связано с риском нарушений активов ее «базового» состояния. Такие нарушения вызывают отказы эксплуатируемых сервисов. Для снижения риска нарушений сервисные активы, подлежащие развертыванию, разбивают на релизы (подмножества сервисных активов), встраиваемые в ИТ-среду за один прием. Традиционный подход к формированию и развертыванию релизов использует сведения о структурных свойствах сервисов для прогнозирования числа отказов, обусловленных развертыванием каждого сервисного актива, каждого релиза, каждой поступившей заявки на развертывание. В результате задача управления развертыванием сервисных активов сводится к последовательному решению трех задач: определение количества релизов, определение состава релизов, построение расписания развертывания релизов. Указанный подход опирается на предположение о том, что некорректное развертывание релизов проявляется через отказы сервисов непосредственно после развертывания. На практике это допущение, как правило, не выполняется, так как применение различных сервисов пользователями, выявляющими отказы сервисов, носит циклический (ежедневный, еженедельный, ежемесячный, ежеквартальный, ежегодный) характер. Многие отказы сервисов могут быть обнаружены пользователями в периоды времени, достаточно удаленные от времени развертывания соответствующих ИТ-активов. Рассмотрен случай, когда процесс управления конфигурациями ИТ-провайдера металлургической компании хорошо развит, то есть конфигурационная база данных ИТ-провайдера содержит информацию о частоте использования различных сервисов в различные периоды времени. Сведения о динамике применения сервисов пользователями используются для прогнозирования временной последовательности отказов эксплуатируемых сервисов, обусловленной развертыванием каждой заявки. В результате задача формирования и календарного планирования развертывания релизов формализована в виде дискретной задачи нелинейного программирования, процедура решения которой позволяет одновременно определять количество релизов, их состав и расписание их развертывания.

Ключевые слова: металлургическая компания, ИТ-сервис, сервисные активы, эксплуатационная ИТ-среда, «базовое» состояние ИТ-среды, заявка на развертывание, проектирование, внедрение, релиз, отказ сервиса, канал обслуживания.

DOI: 10.17073/0368-0797-2020-5-373-378

ВВЕДЕНИЕ

Одной из важных и сложных задач внедрения ИТ-сервисов является задача развертывания их конфигурационных элементов в эксплуатационной ИТ-среде металлургического комбината, в которой несколько тысяч пользователей эксплуатируют многие сотни ИТ-сервисов [1 – 3]. Развертывание сервисных активов связано с существенным риском нарушения «базового» состояния ИТ-среды, которое может вызвать множественные отказы находящихся в эксплуатации ИТ-сервисов. Эти отказы могут привести к нарушению финансово-хозяйственной деятельности металлургической компа-

нии и вызвать существенные сбои канала обслуживания отказов [4 – 7].

Управлять риском (интенсивностью потока отказов сервисов), обусловленным ошибками развертывания, можно посредством формирования релизов (подмножеств ИТ-активов сервисов, встраиваемых в ИТ-среду за один прием). Релизы формируются на основе заявок на развертывание, направляемых в службу внедрения проектными подразделениями. Один из возможных подходов к решению рассматриваемой задачи изложен в работах [8 – 10]. Он включает, в частности, предположение о том, что некорректное развертывание релизов проявляется через отказы сервисов непосред-

ственно после развертывания. На практике это допущение, как правило, не выполняется, так как применение различных сервисов пользователями, выявляющими отказы сервисов, носит циклический (ежедневный, еженедельный, ежемесячный, ежеквартальный, ежегодный) характер. Многие отказы сервисов могут быть обнаружены пользователями в периоды времени, достаточно удаленные от времени развертывания соответствующих ИТ-активов [8].

В настоящей работе рассмотрен случай, когда процесс управления конфигурациями ИТ-провайдера металлургической компании хорошо развит, а его конфигурационная база данных содержит информацию о частоте использования различных сервисов в различные периоды времени [11 – 14]. Эта информация формируется процессом управления мощностью ИТ-сервисов для управления нагрузкой вычислительной системы [15 – 18]. Кроме того, динамика применения сервисов нужна для присвоения приоритета сервису при его отказе (приоритет задает очередность восстановления сервиса). Целесообразно использовать сведения о динамике применения сервисов пользователями при формулировании и решении задачи формирования и календарного планирования развертывания релизов.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ И ОБОЗНАЧЕНИЯ

Обозначим через $A = \{A_i | i = \overline{1, n}\}$ множество заявок на обновление ИТ-среды, где $A_i = \{a_{ij} | j = \overline{1, n_i}\}$ и a_{ij} – обновляемые конфигурационные элементы. Обозначим через $m_i = m(A_i)$ среднее прогнозируемое число отказов сервисов в результате развертывания активов отдельной заявки A_i [19 – 21]. Тогда ожидаемое число $m(A)$ отказов сервисов от всего множества заявок $A = \{A_i | a_{ij} = \overline{1, n_i}\}$ будет определяться соотношением [8]:

$$m(A) = \sum_{i=1}^n m(A_i). \quad (1)$$

Пусть $\{u_r | r = \overline{1, R}\}$ множество пользователей сервисов эксплуатационной среды S_s и $S^r = \{s_d^r | d = \overline{1, d^r}, s_r^d \in S_s\}$, $r = \overline{1, R}$ – роли пользователей (d^r – количество сервисов, применяемых r -ым пользователем). Обозначим через $S^r(a_{ij})$ множество тех сервисов, которые применяет r -ый пользователь и в состав активов которых входит конфигурационный компонент a_{ij} заявки на развертывание A_i . Согласно определению

$$S^r(a_{ij}) = \{s^r(a_{ij}) | s^r(a_{ij}) \in [S(a_{ij}) \cap S^r]\}. \quad (2)$$

Некорректное развертывание актива a_{ij} будет обнаружено в случае, когда хотя бы один из пользователей

обратится к сервису, в числе конфигурационных элементов которого будет этот актив.

Пусть $(0, T)$ – текущий плановый период; $(t^1, t^2, \dots, t^p, \dots, t^{p_T})$ – последовательность, описывающая дни регламентного развертывания релизов в этом периоде; p_T – количество таких развертываний; $\Delta t_p^{p+1} = (t^p, t^{p+1})$ – произвольный интервал времени планового периода. Обозначим через $m_{ip} = m_i(\Delta t_p^{p+1})$ количество ожидаемых отказов сервисов в интервале Δt_p^{p+1} вследствие развертывания активов заявки A_i . Тогда последовательность m_{i_p} , описывающая прогнозируемые отказы от заявки A_i на интервале $(0, T)$, будет

$$m_i = (m_{i1}, m_{i2}, m_{i3}, \dots, m_{i(p_T-1)}) \quad (3)$$

Обозначим через $m(\Delta t_p^{p+1})$ число ожидаемых отказов сервисов на интервале времени Δt_p^{p+1} как результат развертывания активов всего множества заявок $A = \{A_i | i = \overline{1, n}\}$:

$$m_p = m(\Delta t_p^{p+1}) = \sum_{i=1}^n m_i(\Delta t_p^{p+1}). \quad (4)$$

Помимо отказов от развертывания заявок множества A в плановом периоде реализуется множество отказов, обусловленных развертыванием релизов, выполненных в периоды времени, предшествующие плановому периоду $(0, T)$, то есть развернутыми в интервале времени (∞, T) . Обозначим через $m^0(\Delta t_p^{p+1})$ количество отказов, обусловленных такими релизами и приходящееся на интервал Δt_p^{p+1} . Тогда

$$(m^0(\Delta t_p^{p+1}) | p = \overline{1, (p_T-1)}) = (m_p^0 | p = \overline{1, (p_T-1)}) \quad (5)$$

последовательность, описывающая прогнозируемые количества таких отказов, приходящихся на соответствующие периоды развертывания в плановом периоде $(0, T)$.

ФОРМАЛИЗАЦИЯ ЗАДАЧИ ПЛАНИРОВАНИЯ

РАЗВЕРТЫВАНИЯ РЕЛИЗОВ

Прогнозируемая динамика отказов сервисов в результате развертывания активов заявок $A_i \in A$ описывается, согласно выражению (5), совокупностью последовательностей

$$\{(m_{i1}, m_{i2}, m_{i3}, \dots, m_{i(p_T-1)}) | i = \overline{1, n}\}. \quad (6)$$

Сдвигая эти последовательности на различное число $\eta \leq \eta^*$ временных интервалов Δt вправо (задавая момент времени развертывания соответствующей заявки), можно сформировать допустимую нагрузку для канала

обслуживания отказов. Количество релизов при этом будет определяться числом $(\eta^* + 1)$, состав релизов – подмножествами заявок, которые подлежат развертыванию в одном временном периоде, а календарный план развертывания релизов будет задан «привязкой» каждого релиза к соответствующему моменту времени его развертывания.

Пусть η^* – заданное максимальное число интервалов Δt , на которое может быть сдвинута вправо каждая из последовательностей (6). Это значит, что каждой заявке A_i поставлена в соответствие $(\eta^* + 1)$ следующая последовательность

$$\begin{aligned} \eta = 0: m_i^0 &= (m_{i1}^0, m_{i2}^0, \dots, m_{i(p_T-1)}^0); \\ \eta = 1: m_i^1 &= (0, m_{i1}^1, m_{i2}^1, \dots, m_{i(p_T-2)}^1); \\ &\dots \\ \eta = \eta^*: m_i^{\eta^*} &= (0, \dots, 0, m_{i1}^{\eta^*}, m_{i2}^{\eta^*}, \dots, m_{i(p_T-1-\eta^*)}^{\eta^*}). \end{aligned} \quad (7)$$

Переобозначим и перенумеруем элементы последовательностей (7) в соответствии с их новыми порядковыми номерами:

$$\begin{aligned} \eta = 0: m_i^0 &= (m_{i1}^0, m_{i2}^0, \dots, m_{i(p_T-1)}^0); \\ \eta = 1: m_i^1 &= (m_{i1}^1, m_{i2}^1, \dots, m_{i(p_T-1)}^1); \\ &\dots \\ \eta = \eta^*: m_i^{\eta^*} &= (m_{i1}^{\eta^*}, m_{i2}^{\eta^*}, \dots, m_{i(p_T-1)}^{\eta^*}). \end{aligned} \quad (8)$$

Множество возможных последовательностей (8) для множества заявок $A = \{A_i | i = \overline{1, n}\}$ можно кратко описать следующим соотношением:

$$\left\{ \left\{ m_i^\eta | \eta = \overline{0, \eta^*} \right\} | i = \overline{1, n} \right\}. \quad (9)$$

Введем переменную

$$x_i^\eta = \begin{cases} 1, & \text{если } m_i^\eta \text{ выбирается в качестве} \\ & \text{решения для заявки } A_i; \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases} \quad (10)$$

Сформулируем следующим образом задачу формирования количества релизов, их состава и календарного плана развертывания:

$$q(A) = \max_P \left[\left(\sum_{i=1}^n \sum_{\eta=0}^{\eta^*} m_{ip}^\eta x_i^\eta \right) + m_p^{-0} \right] \rightarrow \min; \quad (11)$$

$$m(A) = \sum_{p=1}^{p_T-1} \left[\left(\sum_{i=1}^n \sum_{\eta=0}^{\eta^*} m_{ip}^\eta x_i^\eta \right) + m_p^{-0} \right] \geq m^*; \quad (12)$$

$$\sum_{\eta=0}^{\eta^*} x_i^\eta = 1, \quad i = \overline{1, n}. \quad (13)$$

Критерий (11) на множестве допустимых совокупностей последовательностей выбирает в качестве лучшей ту совокупность, которая минимизирует максимальное число прогнозируемых отказов в отдельном интервале времени планового периода. Ограничение (12) делает допустимыми только те совокупности последовательностей из выражения (9), для которых суммарное количество прогнозируемых отказов в планируемом периоде $(0, T)$, с учетом несдвигаемой последовательности (5), превышает заданное значение m^* . Ограничение (13) требует, чтобы заявка A_i была представлена в решении одной из последовательностей (9).

Задание величины η^* определяет диапазон возможного изменения величины m^* . Действительно, если обозначить через $m_{\max}(A)$ количество всех отказов от развертывания заявок множества A

$$m_{\max}(A) = \sum_{p=1}^{p_T-1} \left[\left(\sum_{i=1}^n m_{ip} \right) + m_p^{-0} \right], \quad (14)$$

а через $m(\eta^*)$ общее количество отказов в последних η^* интервалах периода $(0, T)$, получим уравнение:

$$m(\eta^*) = \sum_{p=(p_T-1-\eta^*)}^{p_T-1} \left[\left(\sum_{i=1}^n m_{ip} \right) + m_p^{-0} \right]. \quad (15)$$

Очевидно, имеет место соотношение

$$m^* \in \left[(m_{\max}(A) - m(\eta^*)), m_{\max}(A) \right]. \quad (16)$$

С увеличением значения η^* увеличивается диапазон изменения величины m^* и расширяются возможности по снижению нагрузки на канал обслуживания за счет перемещения большего числа прогнозируемых отказов за пределы планового периода $(0, T)$. Задание значений η^* и m^* в задачах (11) – (13) является результатом компромисса между руководством процесса управления релизами, которое заинтересовано в минимизации количества релизов, и руководством канала обслуживания отказов сервисов, которому необходимо, чтобы выполнялось неравенство

$$\frac{m^*}{p_T - 1} \leq \beta, \quad (17)$$

где β – интенсивность обработки отказов каналом обслуживания.

Задача (11) – (13) является дискретной и нелинейной. Для ее решения применен метод полного перебора вариантов. Мощность множества решений задачи равна

$(\eta^* + 1)^n$. Перебор вариантов гарантирует нахождение глобального оптимума задачи (11) – (13) и позволяет при необходимости решить двухкритериальную задачу:

$$(q(A), m(A)) \rightarrow \text{opt}; \quad (18)$$

$$\sum_{\eta=0}^{\eta^*} x_i^\eta = 1, \quad i = \overline{1, n}, \quad (19)$$

то есть найти наилучшее сочетание значений $q(A)$ и $m(A)$.

ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ

Пусть плановый период $(0, T)$ включает четыре временных интервала Δt , множество A состоит из четырех заявок ($n = 4$), а прогнозируемая динамика отказов сервисов от развертывания заявок, включая последовательность $(m_p^0 | p = \overline{1, (p_T - 1)})$, описывающую отказы, которые обусловлены развертыванием релизов до начала планового периода $(0, T)$, заданы ниже:

Δt_p	Δt_1	Δt_2	Δt_3	Δt_4	Σ
m_{1p}	4	3	0	2	9
m_{2p}	5	4	1	3	13
m_{3p}	4	2	2	1	9
m_{4p}	1	2	1	1	5
m_p^0	1	1	0	3	5
Σ	15	12	4	10	41

Пусть $\eta^* = 1$, значит $m^* \in [41, (41 - 7)]$; $m^* = 36$, то есть за пределы периода $(0, T)$ допускается переместить не более пяти прогнозируемых отказов. Мощность множества решений $(\eta^* + 1)^n$ задачи равна $2^4 = 16$.

Варианты решений для первых двух заявок и несдвигаемой последовательности m_p^0 приведены ниже:

	9	10
m_1^1	(6, 9, 4, 6)	(1, 10, 7, 4)
	25	22
	10	8
m_1^0	(10, 8, 1, 8)	(5, 8, 4, 6)
	27	23
m_1	m_2^0	m_1^0
m_2		

В верхней строке клетки приведено значение максимального элемента последовательности отказов. Сама последовательность размещена в центре клетки, а сумма элементов последовательности – в третьей строке.

Варианты решений для первых трех заявок и несдвигаемой последовательности m_p^0 приведены ниже:

	12	14
$m_1^1 m_2^1$	(5, 12, 9, 5)	(1, 14, 9, 6)
	30	31
	11	13
$m_1^1 m_2^0$	(10, 11, 6, 7)	(6, 13, 6, 8)
	34	33
	10	12
$m_1^0 m_2^1$	(9, 10, 6, 7)	(5, 12, 6, 8)
	32	31
	14	12
$m_1^0 m_2^0$	(14, 10, 3, 9)	(10, 12, 3, 10)
	36	35
$m_1 m_2$	m_3^0	m_3^1
m_3		

Варианты решений для всех четырех заявок и несдвигаемой последовательности m_p^0 приведены ниже:

	16	15
$m_1^1 m_2^1 m_3^1$	(2, 16, 10, 7)	(1, 15, 11, 7)
	35	34
	14	13
$m_1^1 m_2^1 m_3^0$	(6, 14, 10, 6)	(5, 13, 11, 6)
	36	35
	15	14
$m_1^1 m_2^0 m_3^1$	(7, 15, 7, 9)	(7, 14, 8, 9)
	38	38
	13	12
$m_1^1 m_2^0 m_3^0$	(11, 13, 7, 8)	(10, 12, 8, 8)
	39	38
	14	13
$m_1^0 m_2^1 m_3^1$	(6, 14, 7, 9)	(5, 13, 8, 9)
	36	35
	12	11
$m_1^0 m_2^1 m_3^0$	(10, 12, 7, 8)	(9, 11, 8, 8)
	37	36
	14	13
$m_1^0 m_2^0 m_3^1$	(11, 14, 4, 11)	(10, 13, 5, 11)
	40	39
	15	14
$m_1^0 m_2^0 m_3^0$	(15, 12, 4, 10)	(14, 11, 5, 10)
	41	40
$m_1 m_2 m_3$	m_4^0	m_4^1
m_4		

Допустимые решения выделены курсивом. Оптимальное решение выделено полужирным курсивом – решение $m_1^0 m_2^1 m_3^0 m_4^1$, которое включает два релиза: первый $A^1 = \{m_1^0, m_3^0\}$ (первая и третья заявки, подлежащие развертыванию в момент времени t_1) и второй $A^2 = \{m_2^1, m_4^1\}$ (вторая и четвертая заявки, подлежащие развертыванию в момент времени t_2). Для оптимального решения $q(A) = 11$, $m = 36$, а последовательность количеств отказов сервисов имеет вид (9, 11, 8, 8).

Выводы

Полученные выше решения со значениями критерия $q(A)$ и ограничения $m(A)$ могут быть использованы для определения решения двухкритериальных задач (18), (19). Если из 16 решений q, m (см. выше) убрать доминируемые, останется пять Парето решений, которые представлены ниже:

q	11	12	13	14	15
m	36	38	39	40	41

Лицо, принимающее решение, может непосредственно выбрать решение с лучшим для него сочетанием q и m , либо задать весовые коэффициенты критериев q и m , позволяющие выполнить свертку критериев и найти единственный оптимум.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Андреев А.В. ИТ-инфраструктура предприятия: эффективное управление (ITSM), мониторинг и аудит // Вестник научных конференций. 2016. № 10-7 (14). С. 19 – 22.
2. Смирнов А.В. ITSM-подход к управлению и организации ИТ-услуг как фактор повышения конкурентоспособности предприятия // Аллея науки. 2018. Т. 1. № 11 (27). С. 16 – 20.
3. Кряжев С.А., Кузнецова Е.В., Макаров Е.Н. Управление портфелем ИТ-проектов как инструмент реализации ИТ-стратегии // Информационные технологии. 2017. Т. 23. № 11. С. 833 – 840.
4. Berrahal W., Marghoubi R. Lean continuous improvement to information technology service management implementation: Projection of ITIL framework. In: Int. Conf. on Information Technology for Organizations Development. 2016. IT4OD. P. 1 – 6.
5. Rahman A.A. Defining methodology for multi model software process improvement framework. In: Proceedings – AIMS 2015, 3rd Int. Conf. on Artificial Intelligence, Modelling and Simulation. 2015. P. 245 – 249.
6. Суровцев А.С. Модели ITSM и системы ITIL как основа систем управления // Центральный научный вестник. 2017. Т. 2. № 18(35). С. 10. 11.
7. Скрипкин К. ITIL и ИТ-революция внутри ИТ-службы // Открытые системы. СУБД. 2017. № 3. С. 26 – 29.
8. Zimin A.V., Burkova I.V., Zimin V.V. Models and mechanisms for managing the deployment of IT service releases in the operational environment // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2019. No. 377. Article 012045.
9. Ванина М.Ф., Ерохин А.Г., Фролова Е.А. Применение математических моделей для оценки эффективности внедрения процесса компьютерного тестирования // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2017. Т. 11. № 5. С. 83 – 85.
10. Мельников А.В., Мищенко А.В. Тестирование промышленных программных систем с использованием пирамиды тестирования // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2019. Т. 7. № 1 (44). С. 257 – 261.
11. Saarelainen K., Jäntti M., Hujo M. A model for analyzing of information systems incidents: Proactive approach. In: Proceedings of the 13th European, Mediterranean and Middle Eastern Conf. on Information Systems. EMCIS. 2016. P. 305 – 319.
12. Mora M., Wang F., Gómez J.M., Díaz O. A Comparative Review on the Agile Tenets in the IT Service Management and the Software Engineering Domains // Advances in Intelligent Systems and Computing. 2020. No. 1071. P. 102 – 115.
13. Titah R. Conceptualizing IT service management as a management control system for business-IT alignment // Americas Conf. on Information Systems 2018: Digital Disruption, AMCIS. 2018.
14. Teubner A., Remfert C. Giving IT services a theoretical backing // Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics). 2017. 10273 LNCS. P. 448 – 468.
15. Зимин В.В., Буркова И.В., Зимин А.В. Модели и механизмы управления жизненным циклом ИТ-сервисов (научная монография). – Saarbrücken: LAB LAMBERT Academic Publishing, 2017. – 328 с.
16. Юрченко А.Н. Функциональное тестирование как одна из методологий тестирования программного обеспечения // Вестник современных исследований. 2018. № 1-1 (16). С. 155, 156.
17. Heikkinen S., Jäntti M. Studying continual service improvement and monitoring the quality of ITSM. In: Quality of Information and Communications Technology. Proc. of 12th Int. Conf. QUATIC 2019, Ciudad Real, Spain, September 11–13, 2019. Springer. P. 193 – 206.
18. Rouhani S. A fuzzy superiority and inferiority ranking based approach for IT service management software selection // Kybernetes. 2017. Vol. 4. No. 46. P. 728 – 746.
19. Зимин А.В., Зимин В.В., Митьков В.В. Разработка моделей и механизмов управления проектированием и внедрением ERP-системы предприятия. – Новокузнецк: ИЦ СибГИУ. 2019. – 95 с.
20. Goman M. Current state of IT risk analysis in management frameworks: Is it enough? In: 60th Int. Sci. Conf. on Information Technology and Management Science of Riga Technical University ITMS 2019 – Proceedings.
21. Correa S.L.L., Mexas M.P. The service center implementation according to best practices recommended by ITIL // IEEE Latin America Transactions. 2018. Vol. 16. No. 6. P. 1809 – 1816.

Поступила в редакцию 10 февраля 2020 г.

После доработки 19 февраля 2020 г.

Принята к публикации 25 февраля 2020 г.

IZVESTIYA VUZOV. CHERNAYA METALLURGIYA = IZVESTIYA. FERROUS METALLURGY. 2020. VOL. 63. NO. 5, PP. 373–378.

PLANNING SERVICE ASSETS DEPLOYMENT BASED ON INFORMATION ABOUT DYNAMICS OF IT SERVICES USE

A.V. Zimin¹, I.A. Zolin¹, I.V. Burkova², V.V. Zimin¹

¹ Siberian State Industrial University, Novokuznetsk, Kemerovo Region, Russia,

² V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences, RAS, Moscow, Russia

Abstract. Deployment of new service assets in operational IT environment is associated with the risk of disruption of the assets of its “basic”

condition. Such disruptions cause failures of functioning services. To reduce the risk of disruption, the deploying service assets are divided by releases – sub-sets of service assets that will be embedded in the IT environment in one period. The traditional approach to formation and deployment of releases uses information on services structural properties to predict the number of failures due to the deployment of each service asset, each release and each application for deployment. As a result, the task of managing deployment of service assets is reduced to a sequential solution of three tasks: determining number of releases;

determining composition of releases; building a release deployment schedule. The approach is based on the assumption that incorrect deployment of releases is manifested through the failure of services immediately after deployment. In practice, as a rule, this assumption is usually not fulfilled, because the use of various services by users who detect service failures is cyclical (daily, weekly, monthly, quarterly, annual). Many service failures can be detected by users in periods of time that are quite remote from the deployment time of the corresponding IT assets. The article contains the case where the managing process of IT provider configurations of the metallurgical company is well developed, i.e. its configuration database contains information on frequency of various services use at different periods of time. Information on dynamics of services application by users is used to predict time sequence of operating services failures due to deployment of each application. As a result, the task of forming and scheduling deployment of releases is formalized in the form of a discrete nonlinear programming task, the solution procedure of which allows simultaneous determination of number of releases, their composition and schedule for their deployment.

Keywords: IT service, service assets, operational IT environment, “basic” condition of IT environment, deployment request, design, introduction, release, service failure, service channel.

DOI: 10.17073/0368-0797-2020-5-373-378

REFERENCES

1. Andreev A.V. Enterprise IT infrastructure: Effective management (ITSM), monitoring and auditing. *Vestnik nauchnykh konferentsii*. 2016. no. 10-7 (14), pp. 19–22. (In Russ.).
2. Smirnov A.V. ITSM as an approach to management and organization of IT services as a factor in increasing enterprise competitiveness. *Alleya nauki*. 2018, vol. 1, no. 11 (27), pp. 16–20. (In Russ.).
3. Kryazhev S.A., Kuznetsova E.V., Makarov E.N. Management of IT project portfolio as a tool for IT strategy implementation. *Informatsionnye tekhnologii*. 2017, vol. 23, no. 11, pp. 833–840. (In Russ.).
4. Berrahal W., Marghoubi R. Lean continuous improvement to information technology service management implementation: Projection of ITIL framework. In: *Int. Conf. on Information Technology for Organizations Development*. 2016, IT4OD, pp. 1–6.
5. Rahman A.A. Defining methodology for multi model software process improvement framework. In: *Proceedings – AIMS 2015, 3rd Int. Conf. on Artificial Intelligence, Modelling and Simulation*. 2015. pp. 245–249.
6. Surovtsev A.S. ITSM models and ITIL systems as the basis of management systems. *Tsentral'nyi nauchnyi vestnik*. 2017, vol. 2, no. 18 (35), pp. 10, 11. (In Russ.).
7. Skripkin K. ITIL and IT revolution within the IT service. *Otkrytye sistemy. SUBD*. 2017, no. 3, pp. 26–29. (In Russ.).
8. Zimin A.V., Burkova I.V., Zimin V.V. Models and mechanisms for managing the deployment of IT service releases in the operational environment. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 2019, no. 377, article 012045.
9. Vanina M.F., Erokhin A.G., Frolova E.A. Use of mathematical models to assess effectiveness of computer testing implementation. *T-Comm: Telekommunikatsii i transport*. 2017, vol. 11, no. 5, pp. 83–85. (In Russ.).
10. Mel'nikov A.V., Mishchenko A.V. Industrial software systems testing using a test pyramid. *Aktual'nye napravleniya nauchnykh issledovaniy XXI veka: teoriya i praktika*. 2019, vol. 7, no. 1 (44), pp. 257–261. (In Russ.).
11. Saarelainen K., Jantti M., Hujo M. A model for analyzing of information systems incidents: Proactive approach. In: *Proceedings of the 13th European, Mediterranean and Middle Eastern Conf. on Information Systems, EMCIS*. 2016, pp. 305–319.
12. Mora M., Wang F., Gómez J.M., Díaz O. a comparative review on the agile tenets in the IT service management and the software engineering domains. *Advances in Intelligent Systems and Computing*. 2020, no. 1071, pp. 102–115.
13. Titah R. Conceptualizing IT service management as a management control system for business-IT alignment. *Americas Conf. on Information Systems 2018: Digital Disruption, AMCIS*. 2018.
14. Teubner A., Remfert C. Giving IT services a theoretical backing. *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*. 2017, 10273 LNCS, pp. 448–468.
15. Zimin V.V., Burkova I.V., Zimin A.V. *Modeli i mekhanizmy upravleniya zhiznennym tsiklom IT-servisov (nauchnaya monografiya)* [Models and mechanisms for managing the life cycle of IT services (scientific monograph)]. Saarbrücken: LAB LAMBERT Academic Publishing, 2017, 328 p. (In Russ.).
16. Yurchenko A.N. Functional testing as one of the software testing methodologies. *Vestnik sovremennykh issledovaniy*. 2018, no. 1-1 (16), pp. 155, 156. (In Russ.).
17. Heikkinen S., Jantti M. Studying continual service improvement and monitoring the quality of ITSM. In: *Quality of Information and Communications Technology. Proc. of 12th Int. Conf. QUATIC 2019, Ciudad Real, Spain, September 11–13, 2019*. Springer, pp. 193–206.
18. Rouhani S. A fuzzy superiority and inferiority ranking based approach for IT service management software selection. *Kybernetes*. 2017, vol. 4, no. 46, pp. 728–746.
19. Zimin A.V., Zimin V.V., Mit'kov V.V. *Razrabotka modelei i mekhanizmov upravleniya proektirovaniem i vnedreniem ERP-sistemy predpriyatiya* [Development of models and management mechanisms for design and implementation of an enterprise ERP system]. Novokuznetsk: ITs SiBGIU, 2019, 95 p. (In Russ.).
20. Goman M. Current state of IT risk analysis in management frameworks: Is it enough? In: *60th Int. Sci. Conf. on Information Technology and Management Science of Riga Technical University ITMS 2019 – Proceedings*.
21. Correa S.L.L., Mexas M.P. The service center implementation according to best practices recommended by ITIL. *IEEE Latin America Transactions*. 2018, vol. 16, no. 6, article 8444403, pp. 1809–1816.

Information about the authors:

A.V. Zimin, Cand. Sci. (Eng.), Assist. Professor of the Chair “Automation and Information Systems” (zimin.0169@yandex.ru)
I.A. Zolin, MA Student of the Chair “Automation and Information Systems” (igorzolin007@yandex.ru)
I.V. Burkova, Dr. Sci. (Eng.), Leading Researcher (irbur27@mail.ru)
V.V. Zimin, Dr. Sci. (Eng.), Professor of the Chair “Automation and Information Systems” (zimin.1945@mail.ru)

Received February 10, 2020
 Revised February 19, 2020
 Accepted February 25, 2020

Над номером работали:

Леонтьев Л.И., *главный редактор*

Протопопов Е.В., *заместитель главного редактора*

Ивани Е.А., *заместитель главного редактора*

Башенко Л.П., *заместитель ответственного секретаря*

Потапова Е.Ю., *заместитель главного редактора по развитию*

Запольская Е.М., *ведущий редактор*

Киселева Н.Н., *ведущий редактор*

Расенец В.В., *верстка, иллюстрации*

Кузнецов А.А., *системный администратор*

Острогорская Г.Ю., *менеджер по работе с клиентами*

Подписано в печать 25.05.2020. Формат 60×90 ¹/₈. Бум. офсетная № 1.
Печать цифровая. Усл. печ. л. 10,0. Заказ. Цена свободная.

Отпечатано в типографии Издательского Дома МИСиС.
119049, г. Москва, Ленинский пр-т, 4.
Тел./факс: (499) 236-76-17, 236-76-35

IZVESTIYA

FERROUS METALLURGY

