

Автоматизация. Современные Технологии

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ МЕЖОТРАСЛЕВОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Главный редактор

Шахнов В.А. — д.т.н., проф., член-кор. РАН,
МГТУ им. Н.Э. Баумана

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Афанасьев В.Н. — д.т.н., проф., МИЭМ НИУ ВШЭ
Басараб М.А. — д.ф.-м.н., проф., МГТУ им. Н.Э. Баумана
Большаков А.А. — д.т.н., проф., СПбГТИ (ТУ)
Булдакова Т.И. — д.т.н., проф., МГТУ им. Н.Э. Баумана
Ван Мэйлин — д.т.н., проф., Пекинский
политехн. ун-т (КНР)
Зинченко Л.А. — д.т.н., проф., МГТУ им. Н.Э. Баумана
Зубов Н.Е. — д.т.н., проф., РКК «Энергия»
Кларк Р. — д.т.н., проф., КИУ (г. Ворвик,
Великобритания)
Криони Н.К. — д.т.н., проф., УГАТУ (г. Уфа)
Кузнецов А.Е. — д.т.н., проф., РГРТУ (г. Рязань)
Мальцева С.В. — д.т.н., проф., НИУ ВШЭ
Микаева С.А. — д.т.н., проф., МГУПИ
Неусыпин К.А. — д.т.н., проф., МГТУ им. Н.Э. Баумана
Нефёдов Е.И. — д.ф.-м.н., ИРЭ РАН
Никифоров В.М. — д.т.н., проф., ФГУП «НПЦАП
им. Н.А. Пилюгина»
Пролетарский А.В. — д.т.н., проф., МГТУ им. Н.Э. Баумана
Проталинский О.М. — д.т.н., проф., НИУ МЭИ
Путилов В.Н. — ООО «Изд-во "Инновационное
машиностроение"» (заместитель
главного редактора)
Румянцева О.Н. — генеральный директор ООО «Изд-во
"Инновационное машиностроение"»
Ся Юаньцин — д.т.н., проф., Пекинский
политехн. ун-т (КНР)
Фу Ли — д.т.н., проф., Ин-т Бейхан (КНР)
Фёдоров И.Б. — д.т.н., проф., академик РАН,
президент МГТУ им. Н.Э. Баумана
Хэ Юн — д.т.н., проф., Нанкинский ун-т
науки и технологии (КНР)
Чистякова Т.Б. — д.т.н., проф., СПбГТИ (ТУ)
Шибанов Г.П. — д.т.н., проф., Гос. лётно-испытат.
центр им. В.П. Чкалова

Редакторы — **Мымрина И.Н., Селихова Е.А.**
Компьютерная вёрстка — **Конова Е.В.**

Адрес редакции:

107076, Москва, Колодезный пер., д. 2а, стр. 2.
Тел.: 8 (499) 268-41-77.
E-mail: ast@mashin.ru; astmashin@yandex.ru;
http://www.mashin.ru

Учредитель:

ООО «НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
"ИННОВАЦИОННОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ"»

Журнал зарегистрирован в Роскомнадзоре 29 мая 2014 г.
(ПИ № ФС77-58102), входит в перечень утверждённых ВАК
при Минобрнауки России изданий для публикации трудов
соискателей учёных степеней, а также в систему Россий-
ского индекса научного цитирования (РИНЦ)

Издаётся с 1947 г.

Том 74

8
2020

СОДЕРЖАНИЕ

АВТОМАТИЗАЦИЯ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

- Шматков В.С., Тимохин Р.С., Шматкова А.В.** Управление
производством стандартизированных изделий с применени-
ем средств электронной автоматизации процессов — едино-
го окна 339
- Лукьяненко В.С., Щеголев А.В., Сергиенко С.Н.** Техноло-
гии процесса цинкования 345
- Микаева А.С., Микаева С.А.** Электронные пускорегулиру-
ющие аппараты 348
- Султанова Е.А., Шарипова Д.Д.** Моделирование систем
поддержки принятия решений для диагностики степени из-
носа оборудования и сооружений нефтеперерабатывающих
комплексов 353

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

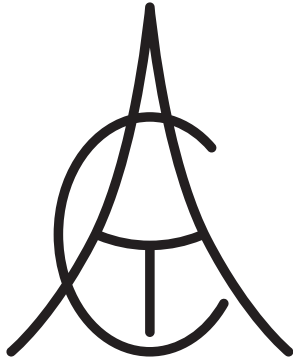
- Чьонг Ф.С., Селезнева М.С., Неусыпин К.А.** Разработка
структуры навигационного комплекса высокоточного беспил-
отного летательного аппарата для полёта в атмосфере . . 357
- Елисеев В.А.** Инновационные особенности современных
технологических трансформаций 362

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

- Загидуллин Р.Р.** Метод определения качества принимаемых
решений в системах искусственного интеллекта 377

СИСТЕМЫ И ПРИБОРЫ УПРАВЛЕНИЯ

- Пилипенко С.И., Медведева Л.И.** Автоматизированная си-
стема управления отоплением коттеджа 381



Automation. Modern Technologies

MONTHLY INTERBRANCH SCIENTIFIC AND TECHNICAL JOURNAL

Chief in Editor

Shakhnov V.A. – dr.en.s., prof., corr. member of RAS,
MSTU behalf of N.E. Bauman

EDITORIAL COUNCIL:

- Afanasyev V.N.** – dr.en.s., prof., MIEM NRU HSE
Basarab M.A. – dr.ph.-m.s., prof., MSTU behalf
of N.E. Bauman
Bolshakov A.A. – dr.en.s., prof., SPbSIT (TU)
Buldakova T.I. – dr.en.s., prof., MSTU behalf
of N.E. Bauman
Wang Meiling – Ph.D., prof., Beijing Ins. of Technology,
P.R. China
Zinchenko L.A. – dr.en.s., prof., MSTU behalf
of N.E. Bauman
Zubov N.E. – dr.en.s., prof., RSC «Energy»
Clark R. – Ph.D., prof., EMB of Warwick Un., UK
Krioni N.K. – dr.en.s., prof., USATU, Ufa
Kuznetsov A.E. – dr.en.s., prof., RSREU, Ryazan
Maltseva S.V. – dr.en.s., prof., NRU HSE
Mikaeva S.A. – dr.en.s., prof., MSUPI
Neusypin K.A. – dr.en.s., prof., MSTU behalf
of N.E. Bauman
Nefedov E.I. – dr.ph.-m.s., IRE RAS
Nikiforov V.M. – dr.en.s., prof., FSUE «NPCAP
behalf of N.A. Pilyugin»
Proletarskiy A.V. – dr.en.s., prof., MSTU behalf
of N.E. Bauman
Protalinsky O.M. – dr.en.s., prof., NRU MPEI
Putilov V.N. – LLC «"Innovative Mashinostroenie"
Publishers» (deputy chief editor)
Rumyantseva O.N. – General Director of LLC «"Innovative
Mashinostroenie" Publishers»
Xia Yuantsin – Ph.D., prof., Beijing Ins. of Technology,
P.R. China
Fu Li – Ph.D., prof., Beikhan Un., P.R. China
Fedorov I.B. – dr.en.s., prof., academician RAS, President
of MSTU behalf of N.E. Bauman
He Yung – Ph.D., prof., Nanjing Un. of Science
and Technology, P.R. China
Chistyakova T.B. – dr.en.s., prof., SPbSIT (TU)
Shibanov G.P. – dr.en.s., prof., State Flight Test Center
behalf of V.P. Chkalov

Editors — **Mymrina I.N., Selikhova E.A.**
Computer layout — **Konova E.V.**

Editorial address:

107076, Moscow, Kolodezny lane – 2a, build. 2
Tel.: +7 (499) 268-41-77.
E-mail: ast@mashin.ru; astmashin@yandex.ru;
<http://www.mashin.ru>

Founder:

LLC «"INNOVATIVE MASHINOSTROENIE" PUBLISHERS»

The journal was registered in the Roskomnadzor on May 29, 2014
(PI No. FS77-58102), it is included in the list of publications
approved by the Higher Attestation Commission (VAK) of the
Russian Ministry of education and science for publication of the
works of applicants for academic degrees and the system of the
Russian index scientific citation (RINC)

It is published since 1947

Volume 74 $\frac{8}{2020}$

CONTENTS

AUTOMATION OF SCIENTIFIC-RESEARCH AND PRODUCTION PROCESSES

- Shmatkov V.S., Timokhin R.S., Shmatkova A.V.** Production
management of standardized products using electronic process
automation — single window 339
Lukyanenko V.S., Shchegolev A.V., Sergienko S.N. Galvaniz-
ing technology 345
Mikaeva A.S., Mikaeva S.A. Electronic starting controller 348
Sultanova E.A., Sharipova D.D. Modeling of the decision sup-
port systems for diagnosing the wear degree of equipment and
structures of oil-processing complexes 353

MODERN TECHNOLOGIES

- Chyong F.S., Selezneva M.S., Neusypin K.A.** Development of
the navigation complex structure for a high-precision unmanned
aerial vehicle for flight in the atmosphere 357
Eliseev V.A. Innovative features of modern technological transfor-
mations 362

INFORMATIONAL TECHNOLOGIES

- Zagidullin R.R.** Method for determining the accepted decision
quality in artificial intellect systems 377

SYSTEMS AND CONTROL DEVICES

- Pilipenko S.I., Medvedeva L.I.** Automatic control system of the
cottage heating 381



В.С. Шматков, Р.С. Тимохин

(Иркутский авиационный завод — филиал ПАО «Корпорация «Иркут»),

А.В. Шматкова, канд. техн. наук

(Иркутский национальный исследовательский технический университет)

shmatkov_vs@irkut.ru, romanstonecold@gmail.com, annashmatkova@yandex.ru

УПРАВЛЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВОМ СТАНДАРТИЗИРОВАННЫХ ИЗДЕЛИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ СРЕДСТВ ЭЛЕКТРОННОЙ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ — ЕДИНОГО ОКНА

Рассмотрен нестандартный подход к решению задач по планированию запуска в производство стандартизированных изделий в многономенклатурном цехе, связанный с написанием управляющих программ и разработкой новых информационных систем без изменения ранее разработанных автоматизированных рабочих мест, при создании которых использовались устаревшие языки программирования, в частности приложения Clipper. Предложена концепция создания единого информационного пространства — совокупности баз данных и программных средств, объединённых на программном уровне.

Ключевые слова: стандартизированное изделие; нормаль; программное обеспечение; веб-интерфейс; единое окно; автоматизированное рабочее место; производственная задача; сменное задание; наряд-сменный рапорт; контрольно-учётная карта.

A non-standard approach to solving the activation planning problems of the standardized products in a multi-nomenclature workshop is considered. This approach is caused by writing control programs and developing new information systems without changing previously developed workstations, which were created by using an outdated programming languages, in particular Clipper applications. The concept of creating a single information space — a set of databases and software tools integrated at the software level is proposed.

Keywords: standardized product; normal; software; web interface; single window; automatic work place; production task; shift task; order-shift report; control and registration card.

Введение. На авиационном заводе цех по производству стандартизированных изделий — нормалей, как правило, специализируется на изготовлении болтов, винтов, заклёпок, пружин и др. В цехе производится 30 000...50 000 видов нормалей. Он может выполнять как серийные, так и несерийные заказы.

Трудоёмкость сопровождения данных о заказах, ходе производства, производственном складе и применяемых материалах очень высока, данные изменяются практически ежедневно. Несовершенство средств управления данными сказывается на эффективности управления производством и приводит к дополнительным издержкам — изготовлению излишних запасов продукции одного вида и нехватке продукции другого вида.

В цехе применяются следующие средства автоматизации:

картотека цеха (учёт номенклатуры нормалей, количества материала, используемого

для изготовления одного изделия авиационной техники, заказов по изделиям, наличия материалов на материальном складе (МАСК) и нормалей на производственном складе (ПРОСК)) — приложение Clipper;

автоматизированное рабочее место технолога (АРМ) — система автоматизированного проектирования для разработки технологических процессов (САПР) — приложение Clipper;

система управления документацией и данными о продукте (СУДП) — управление жизненным циклом изделия, разработка, сопровождение технологических процессов — TeamCenter PLM.

В ходе исследований выявлены следующие проблемы, влияющие на темп производства:

длительное формирование плана производства, выполняется раз в месяц;

сложности при определении мастером производства числа деталей, которые необходимо

изготовить, при его работе с распечатанным планом, составляющим 300...500 страниц;

большая доля ошибочных и некорректных данных в базах данных (БД), цеховой картотеке, а также отсутствие норм времени и материалов в документации технологических процессов;

технологические процессы разработаны на разных АРМ, что требует наличия универсальных знаний у инженеров-технологов, требуется время на адаптацию;

отсутствие контрольно-учётных карт (КУК). Из-за большой номенклатуры и частых изменений информации, вносимой в КУК, физически невозможно сопровождать требуемое число КУК;

формирование сменных заданий и наряд-сменных рапортов выполняется вручную без КУК и отдельно от картотеки цеха;

учёт применяемости материала (более 150 000 норм) выполняется вручную и по данным, отличным от данных планово-диспетчерского бюро (ПДБ), содержащимся в картотеке цеха;

различия в обозначениях нормалей в базах данных — картотеке цеха, АРМ технолога и TeamCenter;

различия информации по числу нормалей в ПДБ и у специалистов по материалам;

рутинность и большая трудоёмкость работы при сопровождении данных при планировании и составлении отчётов по картотеке цеха, что приводит к снижению управляемости производством.

Можно выделить следующие основные причины указанных выше проблем в цехе:

большая номенклатура нормалей;

большое число и трудоёмкость рутинных операций;

отсутствие единого источника и низкая целостность данных;

низкие темпы развития средств автоматизации;

отсутствие на Иркутском авиационном заводе специалистов, которые могут работать на устаревших языках программирования.

В процессе улучшения производственной системы в технологическом бюро цеха, плановом и производственно-диспетчерском бюро цеха и устранения указанных проблем выполнено следующее:

создана концепция единого информационного пространства в цехе;

интегрировано программное обеспечение (ПО), а именно разработанные базы данных и

специальные управляющие программы в картотеку цеха с расширением её возможностей;

интегрировано ПО в АРМ технолога;

интегрировано ПО в TeamCenter PLM;

разработано ПО для распознавания и сопоставления обозначений нормалей;

разработано ПО для распознавания технологических процессов и автоматического формирования КУК;

автоматизировано формирование плана производства;

автоматизировано управление технологическими процессами цеха;

автоматизировано формирование и заполнение КУК;

автоматизировано формирование платной документации (сменного задания и наряд-сменного рапорта);

автоматизированы контроль за изменением норм материала и формирование извещений об изменениях;

разработаны веб-интерфейсы [1] для работы инженерно-технических работников и линейных руководителей в цехе.

Создание концепции единого информационного пространства. Под единым информационным пространством (рис. 1) понимается совокупность баз данных и программных средств, объединённых на программном уровне так, чтобы, выполняя работу в одной её части, иметь доступ ко всем частям пространства по правилам, определённым внутри этого пространства.

ПО, из которого возможен доступ ко всем системам, называют «единым окном» [2] (рис. 2). Единое окно цеха имеет доступ к данным картотеки цеха, АРМ технолога, TeamCenter без необходимости отдельно заходить в каждую из этих систем. В случае цеха имеем информационное пространство, охватываю-

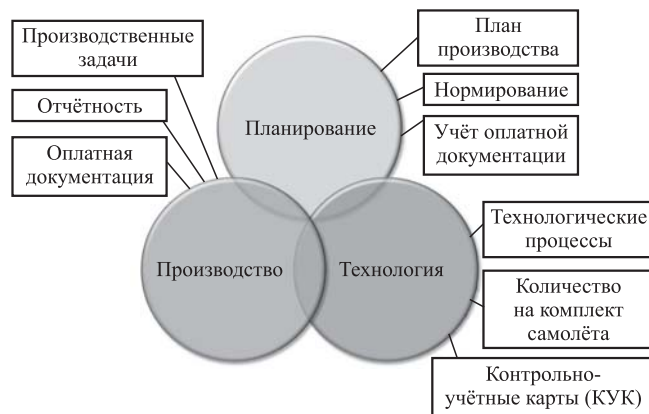


Рис. 1. Информационное пространство цеха

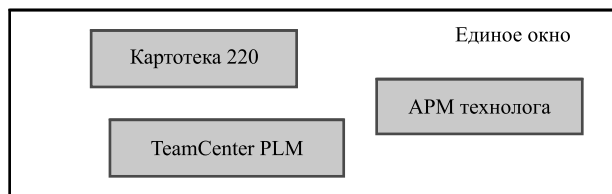


Рис. 2. Единое окно цеха

щее планирование, производство и технологию в едином окне.

Интеграция и расширение картотеки цеха.

Для получения данных из картотеки цеха и расширения её возможностей можно применять интеграцию ПО в системы (рис. 3). В данном случае выполняются программное подключение к файлам базы данных (DBF) и ежедневная синхронизация данных, на работу самой картотеки это никак не влияет.

Из картотеки цеха получают следующие данные:

- данные по нормалям (обозначение, число нормалей на изделие, материал и др.) — для формирования КУК, учёта норм использования материалов;

- справочник материалов — для учёта норм материалов;

- данные по заказам и объёмам нормалей, запущенных в производство (запускам), наличие нормалей в ПРОСК — для формирования плана производства.

Интеграция ПО в АРМ технолога необходима для получения недостающей информации, которой нет в картотеке цеха, из технологических процессов, разработанных в АРМ технолога, и выполняется, как и для картотеки цеха (см. рис. 3), так как эти ПО идентичны и используют одинаковые программные инструменты.



Рис. 3. Интеграция ПО в картотеку цеха

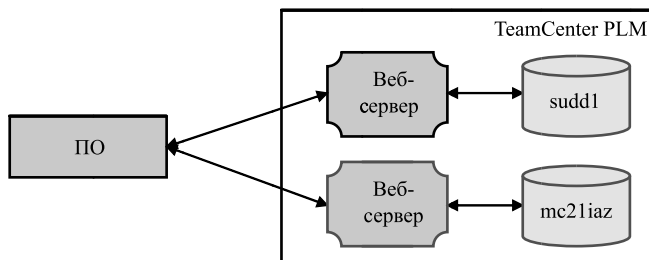


Рис. 4. Интеграция ПО в TeamCenter PLM

Интеграция ПО в TeamCenter PLM необходима для получения недостающей информации, которой нет в картотеке цеха, из технологических процессов, разработанных TeamCenter PLM, и осуществляется через веб-сервис «Тонкого клиента» системы (рис. 4). Данные в TeamCenter хранятся в разделённых базах.

Разработка ПО для идентификации нормалей. ПО для распознавания и сопоставления обозначений нормалей разработано в рамках интеграционных процессов и решает задачу по сопоставлению шифров нормалей в разных системах, где они обозначены по-разному (таблица).

Примеры сопоставления типовых шифров нормалей

Название детали	Шифр в документации технологического процесса	Шифр в картотеке цеха
Гайка	11.5100.И.009.900	11.5100.И.009.001 11.5100.И.009.003 11.5100.И.009.005
Болт	(2)-10-46-ОСТ 1 31102-80	(2)-10-46Ц. ОК.Ф.ОСТ31102
Болт	(2)-10-L(22-66)-ОСТ 1 31103-80	(2)-10-24КД.ОСТ31103 (2)-10-30КД.ОСТ31103 (2)-10-36КД.ОСТ31103

Процесс добавления в ПО новых знаний по обозначению нормалей называется «обучением». Процесс обучения состоит из следующих этапов:

- определение нормативной документации (НД), ГОСТ, ОСТ чертежа, где установлены правила обозначения данной нормали;

- добавление данных в базу знаний ПО о шифровке/дешифровке шифра, типовых обозначениях, правилах сопоставления;

- добавление данных в базу знаний об альтернативных способах шифровки данного шифра, типовых ошибках при ручном вводе и способах получения недостающих данных.

Разработка ПО для идентификации технологического процесса и создания КУК. Разработанное ПО для распознавания [3] технологических процессов и автоматического формирования КУК выполняет следующие задачи:

- распознавание технологического процесса, разработанного в АРМ технолога и TeamCenter PLM;

- выделение из технологического процесса операций, выполняемых в цехе и подлежащих учёту и оплате;

Дубл.						Нач. ТБ	Лузгин А.Н.	подписано	20.03.2015							
Взамен						Разраб.	Красникова Н.М.	подписано	16.03.2015							
Подл.						Проверил	Коновалов А.П.	подписано	17.03.2015	00.01		220-07-02867	подпись			
						Нормир.	Абрамова С.И.	подписано	24.03.2015	в/в	—	220-07-15710	подписано	25.03.2015		
													220.02141.07.12657	13		
													Болт (2)-12-32-Кд ОСТ 1 31132-80	220.10141.07.12657		
А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа										
Б	Код, наименование оборудования					СМ	Проф	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	К шт	ТПЗ	Т шт
О 01	3. Сделать отметку в маршрутном паспорте.															
02																
А 03	220	12		080	4214 Вертикально-сверлильная	ИОТ Е-7										
Б 04	2Н106П					18355	2					1				0,1
05																

Код соответствует описанию

Тип оборудования указан корректно

Профессия соответствует типу операции

Требуется Т_{ПЗВ} оборудование используется впервые в техн. процессе

Рис. 5. Распознавание технологического процесса, разработанного в TeamCenter PLM

контроль полученных данных на предмет ошибок по установленным правилам; создание КУК по полученным данным.

Алгоритм распознавания технологического процесса иллюстрирует рис. 5.

Разработка ПО для формирования плана производства. Разработанное ПО для формирования плана производства автоматически рассчитывает план производства по данным картотеки цеха, в котором содержится следующая информация:

номера серийных заказов от заказчиков продукции (авиационной техники);

номера несерийных заказов (продукция, не идущая на авиационную технику, изготавливаемую серийно);

объёмы нормалей, запущенные в производство;

план сдачи заказов по производству серийной продукции;

номер комплекта изделия по накопительному счёту с начала его производства (гриф сдачи заказа);

число самолётов в запущенной в производство партии нормалей;

наличие запасов нормалей в ПРОСК.

Веб-интерфейс плана производства цеха приведен на рис. 6.

Разработка ПО для управления технологическими процессами. Разработанное ПО показывает все технологические процессы, разработанные в АРМ технолога и в TeamCenter PLM по цеху. Оно расширяет функционал АРМ технолога, а именно:

добавляет статус технологического процесса;

добавляет возможность задания числа нормалей на изделие (самолёт) для множества нормалей для типовых технологических процессов.

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> все участки все цеха введите СЗ, изделие введите код позиции Поиск Расчет Отчет </div>															
Участок	Код позиции	ПРОСК, шт	План/мес, шт	План/год, шт	Запущено, шт	Дата запуска	Изгот-но, шт	Не зав-но, шт	На 2 перех., шт	Тшт, мин	ΣТшт/мес, н/час	Тпзв, мин	Тпарт/мес, н/час	Материал	Сортамент
▶ 83	(182АТ-2)-5КД.ОСТ33018	0	97	115	144	11.09.2018	110	34	34	1.15	1.859	171	4.709	ЭОХГСА-В-ТО	ШГ h11-нд-8
▶ 83	(182АТ-2)-5КД.ОСТ33026	354	0	13	0		0	0	0	1.19	0	177	0	ЭОХГСА-В-ТО	ШГ h11-нд-8
▶ 83	(182АТ-2)-6М.ОСТ33019	126	74	130	0		0	0	0	1.52	1.875	128	4.008	14Х17Н2-В-ТО	ШГ h11-нд-10
▶ 21	(2)-10-104КД.ОСТ31132	0	88	184	145	20.08.2019	74	71	71	6.21	9.108	162	11.808	ЭОХГСА-В-ТО	ШГ h11-нд-14
▶ 21	(2)-10-104КЛ.ОСТ31136	0	8	16	14	27.04.2018	14	0	0	9.92	1.323	215	4.906	07Х16Н6-Ш-В	ШГ h11-нд-14
▶ 61	(2)-10-24КД.ОСТ31125	0	28	224	1624	18.03.2017	1157	467	0	1.89	0.882	217	4.499	ЭОХГСА-В-ТО	ШГ h11-нд-17
▶ 61	(2)-10-26КД.ОСТ31125	11	0	9	0		0	0	0	1.89	0	217	0	ЭОХГСА-В-ТО	ШГ h11-нд-17
▶ 41	(2)-10-28КД.ОСТ31133	0	10	10	112	19.09.2017	86	26	0	0.05	0.008	108	1.808	ЭОХГСА-Д-П	D 10
▶ 42	(2)-10-28КД.ОСТ31133	0	10	10	0		0	0	0	1.71	0.285	119	2.268	ЭОХГСА-Д-П	D 10
▶ 94	(2)-10-30КД.ОСТ31120	0	84	120	0		0	0	0	1.27	1.778	136	4.045	ЭОХГСА-Д-П	D 10

Рис. 6. Веб-интерфейс плана производства цеха

Технологические процессы (синхронизация - 30.01.2020 0:15:20)

	Изделие	Обозначение детали, применяемость	Обозначение ТП	Наименование	Дата изменения	Технолог	База данных		
▶	✓	SUDD	(2)-10-20-Кд-ОСТ 1 31132-80 (2)-10-24-Кд-ОСТ 1 31138-80 (2)-10-26-Кд-ОСТ 1 31132-80 показать все (895) ...	220.02221.00178	Болты, винты с шестигранной головкой (ВЫСАДКА)	22.01.2020 10:44	Зинкевич И.П.	TRP.T04	<input type="button" value="Изменить"/>
▶	?	SUDD	(2)-10-26-Кд-ОСТ 1 31133-80	220.02141.05169	Болты с шестигранной головкой	27.02.2016 00:00	Васильева Т.В.	TRP.T04	<input type="button" value="Изменить"/>
▶	?	SUDD	(2)-10-26-Кд-ОСТ 1 31133-80	220.02141.05169	Болты с шестигранной головкой	27.02.2016 00:00	Васильева Т.В.	TRP.T19	<input type="button" value="Изменить"/>
▶	?	SUDD	(2)-10-26-Кд-ОСТ 1 31133-80	220.02141.05170	Болты с шестигранной головкой	28.09.2017 00:00	Васильева Т.В.	TRP.T05	<input type="button" value="Изменить"/>
▶	✓	SUDD	(2)-10-28-Кд.Фос.окс-ОСТ 1 31132-80 (2)-10-28-Кд-ОСТ 1 31132-80 (2)-10-36-Кд-ОСТ 1 31132-80 показать все (168) ...	220.02341.07477	Болты	25.04.2019 13:15	Лобова Е.В.	TRP.T08	<input type="button" value="Изменить"/>

Рис. 7. Веб-интерфейс управления технологическими процессами цеха

Веб-интерфейс управления технологическими процессами цеха показан на рис. 7.

Разработка ПО для формирования рабочего экземпляра КУК. Разработанное ПО, используя данные по номеру, обозначающему нормаль в картотеке, и данные по технологическим процессам, автоматически формирует КУК на каждую позицию по обозначению нормали и подбирает технологический процесс.

Веб-интерфейс КУК цеха приведен на рис. 8.

Формирование платной документации (сменное задание и наряд-сменный рапорт). Разработанное ПО обеспечивает:

реализацию организационных правил выполнения производственных задач;

электронное формирование производственных заданий на основе плана производства с автоматическим формированием операций по КУК;

назначение исполнителей, вывод сменного задания и отчётность о выполнении;

вывод результатов работы в виде наряд-сменного рапорта;

утверждение наряд-сменного рапорта в ПДБ. Данный функционал реализуется в веб-интерфейсах сеанса мастера цеха (рис. 9).

Контроль за изменениями норм использования материала и формирование извещений об изменениях. Разработанное ПО облегчает работу с большим числом норм использования материалов и обеспечивает:

ежедневное отслеживание изменений норм использования материалов;

формирование сводной материальной спецификации по цеху;

формирование извещений об изменениях норм использования материалов;

утверждение извещений.

Веб-интерфейс сеанса инженера по материалам цеха приведён на рис. 10.

Дальнейшие шаги по расширению возможностей представленной информационной системы для завершения работ в целом:

1. Разработка режима для автоматизации процедуры формирования плана комплектации, анализа оборачиваемости нормалей и помощи в оформлении отчётов, упрощения подсчёта сданной номенклатуры по серийным и несерийным заказам, упрощения процедуры проведения инвентаризации при сверке сданных комплектов изделий авиационной техники с цехами-потребителями.

Контрольно-учетные карты (дата расчета - 30.01.2020 11:52:36)

Код позиции	Обозначение ТП	Наименование	Дата изменения
✓ (2)-10-100КД.ОСТ31132	220.04341.06476	Болт	30.06.2019 00:03
✓ (2)-10-102КД.ОСТ31124	220.04341.06476	Болт	30.06.2019 00:03
✓ (2)-10-102КД.ОСТ31132	220.04341.06476	Болт	30.06.2019 00:03
✓ (2)-10-104КД.ОСТ31124	220.04341.06476	Болт	30.06.2019 00:03
✓ (2)-10-104КД.ОСТ31132	220.04341.06476	Болт	30.06.2019 00:03

Утвержден Проверить

Форма 1-П 546.428 (3-16Л)

Код цеха: _____ УМТСК Код цеха: _____

Код цехового участка: _____

Наименование	Код позиции	Обозначение ТП	Заготовка и материал		Деталь	
			Идентификатор	Масса, кг	Длина, мм	Масса, кг
Болт	(2)-10-100КД.ОСТ31132	220.04341.06476	Идентификатор	0,000000	0,0000	
			Спецификация	ШГ 113-Н2-14		
			Марка	30X7CA-8-TO		
			ИД	TU14-1-950-86 F850-78		
			Образцы свидетели			
			Масса, кг	Длина, мм	Класс, сот	
			0,070000	0,0000	6	

№ операции	Код профессии	Код операции	Наименование операции	Код участка	Оборудование	Наряд	Разряд	Тайм	Тайм	История
035	15477	4233	Токарная с ЧПУ	61	0-32НА-DEL-42НА-DET	4	4	0,001	0,001	<input type="button" value="Изменить"/>
045	19165	4111	Токарно-револьверная	61	RDU-260/38	2	4	0,2	12	<input type="button" value="Изменить"/>
055	17983	2153	Накалка	61	ГРР-80	2	2	0,1	24	<input type="button" value="Изменить"/>
065	18355	4214	Вертикально-сверлильная	61	НС-12А	2	2	0,59	12	<input type="button" value="Изменить"/>
075	18355	4214	Вертикально-сверлильная	61	НС-12А	2		0,1	0	<input type="button" value="Изменить"/>
085	17983	2153	Накалка	61	ГРР-80	2	2	0,1	24	<input type="button" value="Изменить"/>
095	17787	0108	Сварочная	61	Верстак	2		0,15	0	<input type="button" value="Изменить"/>
130	19630	4134	Бесцентрово-шлифовальная	61	3М180	3	3	0,26	18	<input type="button" value="Изменить"/>

Отображены записи 1 - 8 из 8

Рис. 8. Веб-интерфейс КУК цеха

Производственные задачи

Участок	Код позиции	Кол. шт.	Образц. шт.	Итого. шт.	Брак. шт.	Тшт (мин)	Тшт (мин)	Тшт (мин)	Тшт (мин)	Начало	Окончание	Мастер
83	6M.OCT33021	220.0481.06623	150	3		014	15.6	30.01.2020 07:30				Чернышев Т.Д.
040	Токарная с ЧПУ	31	150	3		4	4	8.66	31	10	30.01.2020 07:30	Чернышев Т.Д. Заваров Ю.С. Шатокин И.А.
050	Токарно-револьверная	31	150	3		2	4	0.12	9	0.45		Чернышев Т.Д.
060	Токарно-револьверная	31	150	3		2	4	0.24	9	0.75		Чернышев Т.Д.
070	Вертикально-сверлильная	31	150	3		2	2	1.6	24	4.4		Чернышев Т.Д.

Рис. 9. Веб-интерфейс сеанса мастера цеха

Издвещения

Идвещ.	Наименование	Марка	Сортмент	Документ	ЕИ	Норма утв.	Норма тек.	Норма Д	Дата изменения	Издвещения	
10MK3	Проволока алюминидла х/в	B65	5-П	Г14838-78	КГ	91.493912	91.410672	0.08324	17.01.20 00:20		
5-10АН.ОК.ОСТ34087						3.19976	3.0784	0.12136	17.01.20 00:19		
10-0020112ИИ						4160	0	0.00074	0	3.0784	21.01.20 00:19
10-0020112ИИ						4160	0	0.00074	0	3.0784	17.01.20 00:19
10-0020112ИИ						4324	0	0.00074	0	3.19976	25.09.19 17:05
Было						0	0	0	0	3.19976	01.01.19 00:00

Рис. 10. Веб-интерфейс сеанса инженера по материалам цеха

2. Создание электронного журнала несерийных заказов — расширение функционала режима «Плановик», т. е. формирование сводной таблицы со всеми данными о несерийных заказах, необходимых всем подразделениям цеха для их повседневной работы.

3. Создание электронного журнала условных номеров партий — расширение функционала режима «Плановик», т. е. формирование таблицы с данными о партиях запущенных в производство объёмов нормалей.

Заключение. В результате проведённых на Иркутском авиационном заводе работ были созданы программные средства (удобные и понятные в работе веб-интерфейсы), повышающие эффективность действующих, разработанных более 20 лет назад информационных систем и расширяющие их возможности. Результаты работ подтверждают, что применяя современные технологии по разработке программного кода [4, 5], можно интегрировать различные системы, «реанимировать» старые разработки и расширять их функционал, при этом не нарушая их работу и не разрабатывая их вновь с использованием современных языков программирования. На разработку аналогичного ПО вновь «под ключ», увязывающего работу всех цеховых служб, взамен устаревшего потребуется не менее 2—3 лет. Стоимость работ с привлечением специализированных сторонних IT-фирм составит 50...100 млн руб., кроме того, требуется остановка производства для переустановки ПО и его отладки, а это недовыпуск продукции, упущенная выгода предприятия и прочие риски. Срок разработки и установки описанного в статье ПО в условиях непрерывно работающего цеха составил 4 месяца при работе двух специалистов-программистов.

Проведённые работы можно рассматривать как исследование концепции единого окна и возможности усовершенствования уже существующих разработок как альтернативы их полной замене. Данный подход позволяет с минимальными доработками тиражировать разработанное ПО от цеха к цеху, от службы к службе в кратчайшие сроки.

Библиографические ссылки

1. Galloway J. Professional ASP.NET MVC 5. USA, John Wiley & Sons Limited (USD), 2014. 622 с.
2. Володин А.Б. Подходы к созданию автоматизированной информационной системы «единое окно» // Бюллетень транспортной информации. 2015. № 5. С. 12—16.
3. Петрушин В.А. Интеллектуальные обучающие системы: архитектура и методы реализации (обзор) //

Известия Академии наук. Техническая кибернетика. № 2. С. 164—190.

4. **Рихтер Дж.** P55 CLR via C#. Программирование на платформе Microsoft.NET Framework 4.5 на языке C# (сер. Мастер-класс). СПб.: Питер, 2013. 896 с.

5. **Макконнелл С.** M15 Совершенный код. Мастер#класс / пер. с англ. М.: Изд-во «Русская редакция», 2010. 896 с.

Ссылка для цитирования

Шматков В.С., Тимохин Р.С., Шматкова А.В. Управление производством стандартизированных изделий с применением средств электронной автоматизации процессов – единого окна // Автоматизация. Современные технологии. 2020. Т. 74. № 8. С. 339—345. DOI: 10.36652/0869-4931-2020-74-6-339-345.

УДК 621.793:67.02

В.С. Лукьяненко, А.В. Щеголев, канд. техн. наук
(АО «Механический завод», г. Орск),

С.Н. Сергиенко, канд. техн. наук
(Орский гуманитарно-технологический институт (филиал)
Оренбургского государственного университета)

lukyanenko@mz-orisk.ru; sergienkoorsksw@mail.ru

ТЕХНОЛОГИИ ПРОЦЕССА ЦИНКОВАНИЯ

Рассматриваются технологии нанесения цинковых покрытий, их особенности и установки для реализации этих технологий.

Ключевые слова: гальваника; гальваническое покрытие; электрохимический процесс; электролиз.

The technologies of zinc coatings deposition, their features and recommendation for the implementation of these technologies are considered.

Keywords: electroplating; galvanic coating; electrochemical process; electrolysis.

Гальваника — это технологический процесс получения металлических покрытий путём осаждения требуемого элемента на поверхность детали из раствора солей. В настоящее время для защиты металлических деталей от коррозии широко используется гальваническое цинкование. В ряде случаев коррозионные процессы в стали могут происходить более интенсивно в связи тем, что анодный характер взаимодействия с ней внешней среды и цинкового покрытия может смениться на катодный. Данная ситуация может возникнуть, к примеру, в связи с воздействием горячей воды (от 70 °С и выше) на оцинкованные изделия в котельных установках, автоклавах и т. д. [1].

Цинк практически не окисляется при комнатной температуре в сухом воздухе, однако скорость его окисления резко возрастает начиная с температуры 225 °С. В пресной воде и во влажном воздухе (особенно в присутствии CO₂ и SO₂) цинк покрывается поверхностной плёнкой основных гидрокарбонатов и быстро разрушается даже при комнатной температуре.

Процессы гальванического цинкования, особенно с использованием цианистых или

аммиачных электролитов, негативно влияют на здоровье рабочих. В связи с этим, а также в целях оптимизации технологического процесса, повышения его эффективности в настоящее время проектируются и совершенствуются системы автоматизированного управления процессами гальванического цинкования [2].

Электрохимический процесс, протекающий на электродах при прохождении через электролит электрического тока, называется электролизом. Устройства, в которых за счёт внешней электрической энергии совершаются химические превращения веществ, называются электролизёрами или электролитическими (гальваническими) ваннами (рис. 1).

При гальваническом покрытии деталей в качестве электролита 2 обычно применяют раствор соли осаждаемого металла (в электролит также вводят некоторые компоненты, улучшающие свойства покрытий и увеличивающие электрическую проводимость электролита и т. д.). Анодами 3 служат пластины из осаждаемого металла, а катодами — предварительно очищенные и подготовленные детали 4, подлежащие покрытию.

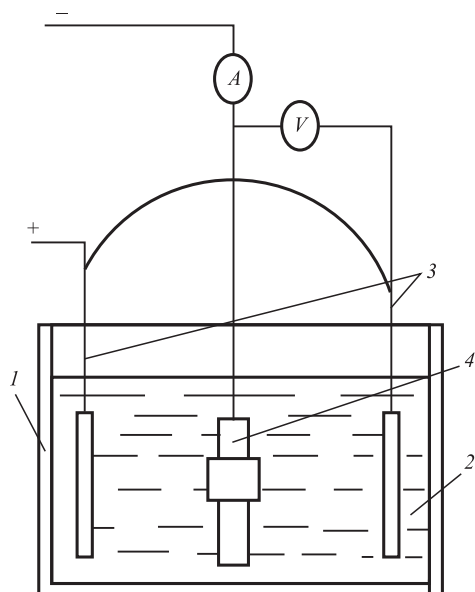


Рис. 1. Схема стационарной гальванической ванны:

1 — ванна; 2 — электролит; 3 — аноды; 4 — деталь

Процесс электролиза состоит из следующих этапов:

получение в электролите ионов осаждаемого металла;

перенос полученных ионов к детали-катоде; переход ионов металла в атомарное состояние; осаждение атомов на поверхности детали; формирование кристаллической решётки.

Электролиз может проводиться с применением растворимых и нерастворимых анодов. В случае проведения электролиза с растворимым анодом, изготовленным из осаждаемого на поверхности детали металла, он постепенно растворяется в электролите, образуя новые ионы металла взамен выделившихся на катоде, тем самым поддерживая требуемую концентрацию металла в растворе. В случаях когда покрытие наносится на внутреннюю поверхность цилиндрических деталей малого диаметра и большой длины, допускается применение нерастворимых анодов. Нерастворимые аноды изготавливаются из металла или сплава, который в данном электролите не растворяется (чаще всего используется свинец), или графита. При осаждении металлов из цианистых электролитов в качестве нерастворимых анодов используют стальные аноды, а при кислых аммиачных электролитах в качестве анодов применяют оцинкованную проволоку. На нерастворимых анодах при электролизе обычно выделяется кислород [3].

Выбор электролитов. Режим электролиза при заданном составе электролита характеризуется тремя основными показателями:

кислотностью электролита, выраженной в граммах на литр или в единицах pH;

температурой электролита;

катодной плотностью тока в амперах на квадратный дециметр.

В зависимости от кислотности электролитов можно разделить на две группы: щелочные и кислые. По составу входящих в них соединений электролиты бывают простые и сложные. В состав последних входят комплексные соединения.

Качество гальванических покрытий определяется их внешним видом, прочностью сцепления с основным металлом, толщиной и пористостью. Допускается наличие на покрытии рисок, царапин, отдельных шероховатостей и несквозных пор, легко устранимых при последующем полировании. Допустимыми дефектами покрытий являются также высохшие подтеки воды и разные их оттенки.

Виды ванн. В зависимости от размеров детали конструкции гальванических ванн существенно различаются. Нанесение гальванических покрытий может проводиться в стационарных емкостях с вращением детали и без него, струйных ваннах, переносных ваннах, а также без использования гальванической ванны электролизом во внутренних полостях деталей, в барабанах и колоколах.

Процесс получения гальванических покрытий в стационарных емкостях иллюстрирует рис. 2, где показана установка для нанесения покрытия на внешние поверхности цилиндрических деталей:

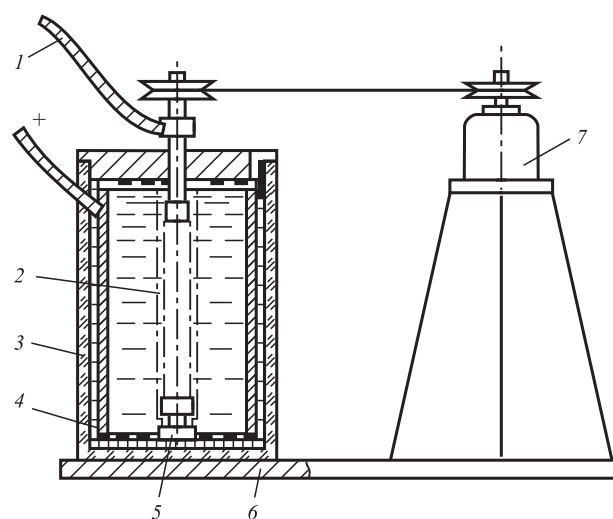


Рис. 2. Установка для покрытия наружных поверхностей цилиндрических деталей:

1 — катодная шина со скользящим контактом; 2 — покрываемая деталь; 3 — цилиндрический корпус гальванической ванны; 4 — цилиндрический анод; 5 — подпятник из пластмассы; 6 — станина; 7 — электродвигатель с редуктором

несения покрытий на наружные поверхности цилиндрических деталей. Вращение детали вокруг своей оси в течение всего времени осаждения позволяет формировать более ровное по толщине гальваническое покрытие. На рис. 2 видно, что деталь помещена вертикально в центре цилиндрического анода, установленного в цилиндрической стационарной ванне. Для вращения детали используется электродвигатель с редуктором. Для питания током к детали подведен скользящий контакт. Вращение детали позволяет применять высокие плотности тока, и поэтому покрытия получаются гладкими и равномерными [4].

Использование для нанесения покрытий струйных ванн повышает производительность процесса. Постоянная смена электролита, контактирующего с поверхностью детали, предотвращает его обеднение ионами осаждаемого металла. Возможность регулировки размеров ванны для струйного нанесения позволяет создавать гальванические покрытия на отдельных участках длинномерных деталей (рис. 3).

Применение переносных ванн целесообразно для создания местных покрытий на крупногабаритных деталях. В переносных ваннах деталь не погружают в электролит целиком,

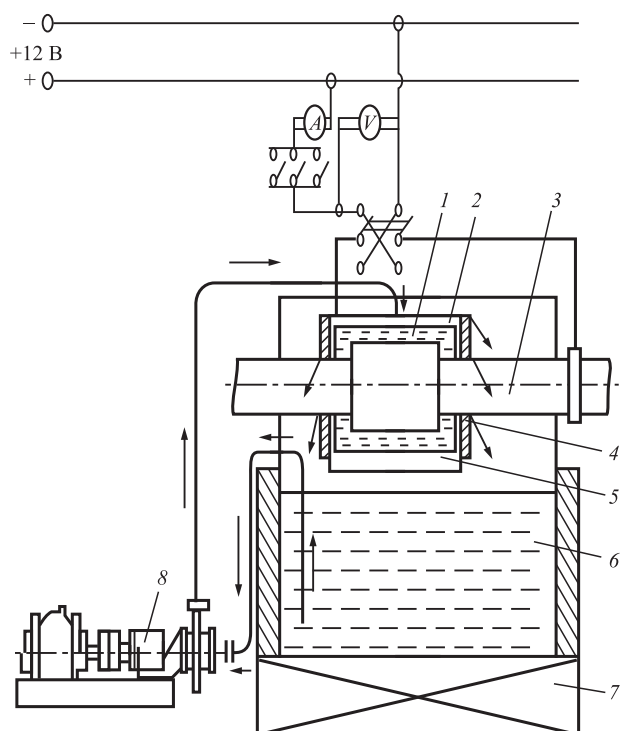


Рис. 3. Установка для струйного нанесения покрытий:
1 — анод; 2 — верхняя часть гальванической ванны; 3 — деталь; 4 — раздвижная кассета; 5 — нижняя часть гальванической ванны; 6 — электролит; 7 — подогреватель; 8 — насос

а наоборот, пристраивают ванну к тому участку детали, на котором необходимо сформировать гальваническое покрытие (рис. 4).

Создание гальванических покрытий на внутренних поверхностях в деталях, имеющих закрытые внутренние полости, может осуществляться без использования емкостей для электролита. Роль такой ёмкости выполняет сама деталь (рис. 5).

В центре детали помещают свинцовый анод, а сама деталь служит катодом. При монтаже внутренних анодов в трубчатых деталях

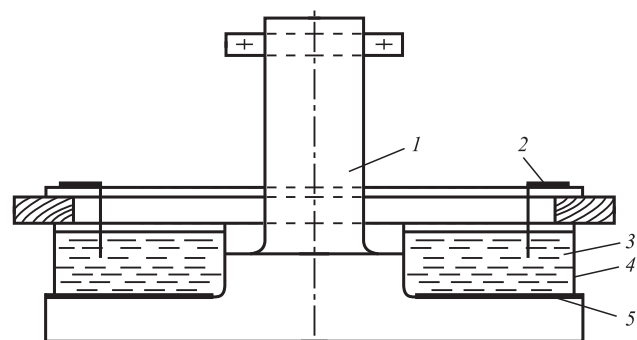


Рис. 4. Установка переносной ванны:
1 — деталь; 2 — анод; 3 — электролит; 4 — гальваническая ванна; 5 — клеевой слой

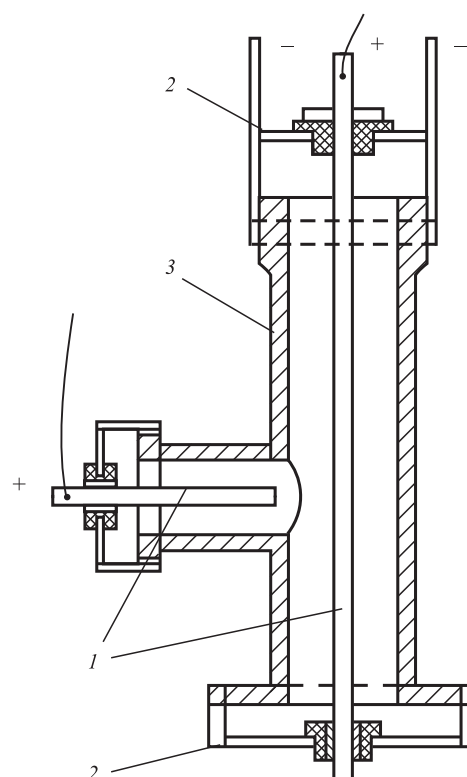


Рис. 5. Монтаж внутренних электродов для создания покрытий на внутренних поверхностях трубчатых деталей:
1 — анод; 2 — центрирующая втулка; 3 — деталь

диаметр анодов должен составлять от 0,3 до 0,5 внутреннего диаметра труб. Внутренние аноды должны быть строго центрированы по отношению к стенкам трубы, что достигается установкой центрирующих втулок из пластмассы. Если диаметр анода велик, то его изготавливают полым внутри, а для снижения его массы и увеличения активной поверхности сверлят ряд отверстий в стенках. Полые трубчатые аноды особенно удобны, когда электролит во время процесса необходимо нагревать или охлаждать. Часто через полые трубчатые аноды осуществляют прокачивание электролита для улучшения или ускорения процесса. При большой длине труб или при использовании гибких проволочных анодов на них через равные промежутки по длине надевают центрирующие изоляторы в форме равнобедренного плоского треугольника с отверстием в центре для пропускания анода. В качестве материала для изолятора применяют листовую целлулоид, винипласт и другие химически стойкие пластмассы [4]. При этом деталь устанавливают на резиновый лист рядом с ёмкостью для удаления в процессе нанесения покрытий промывающей и охлаждающей жидкости. Резиновый лист покрывают целлулоидом, так как резина может растворяться в горячем электролите.

Для массового осаждения покрытий на крепежные или мелкие детали используют ванны с вращающимися барабанами. Барабан изготавливают шестигранного сечения, из листового железа, с задвижной дверцей для загрузки и выгрузки деталей и с шестерней для вращения, закрепленной по оси на одном из торцов. Диаметр с барабана обычно принимают равным 500...600 мм при длине 600...800 мм. Скорость вращения не выше 15...5 об/ч. Загрузка барабана составляет 40...50 кг деталей.

Библиографические ссылки

1. Истомина Н.В., Сосновская Н.Г., Ковалюк Е.Н. Оборудование электрохимических производств: учеб. пособие. Ангарск: АГТА, 2010. 100 с.
2. Кудрявцев Н.Т. Электролитические покрытия металлами: учеб. пособие. М.: Химия, 1979. 351 с.
3. Лобанов С.А. Практические советы гальванизации. Л.: Машиностроение, 1983. 248 с.
4. Способы нанесения гальванических покрытий [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://esm-zink.ru/info/stati/sposobyi-naneseniya-galvanicheskix-pokrytij.html> (дата обращения: 10.02.2020).

Ссылка для цитирования

Лукьяненко В.С., Щеголев А.В., Сергиенко С.Н. Технологии процесса цинкования // Автоматизация. Современные технологии. 2020. Т. 74. № 8. С. 345—348.

УДК 621.373.5

DOI: 10.36652/0869-4931-2020-74-8-348-352

А.С. Микаева, канд. экон. наук, С.А. Микаева, д-р техн. наук, проф.
(МИРЭА — Российский технологический университет, г. Москва)

mikaeva@np0.lit

ЭЛЕКТРОННЫЕ ПУСКОРЕГУЛИРУЮЩИЕ АППАРАТЫ

Описаны электронные пускорегулирующие аппараты для питания амальгамных бактерицидных ламп различных серий. Приведены электрические характеристики и описаны одиночные и групповые конструкции электронных пускорегулирующих аппаратов.

Ключевые слова: ультрафиолетовая лампа; питание; электронный аппарат; одиночный аппарат; групповой аппарат; управляемый аппарат; конструкция; электрические характеристики.

Electronic starting controllers for feeding amalgam bactericidal lamps of various series are described. Electrical characteristics are adduced and single and group designs of electronic ballasts are described.

Keywords: ultraviolet lamp; feeding; electronic device; single unit; group device; controlled device; design; electrical specifications.

Для питания амальгамных ультрафиолетовых ламп серий «ДБ» и «АНЦ» производства ЗАО «Лаборатория импульсной техники»

(ЗАО «ЛИТ»), г. Москва, используются только электронные пускорегулирующие аппараты (ЭПРА), разработанные совместно с ОАО

«ЭНЭФ» (Республика Беларусь). Эти аппараты предназначены для работы в установках для обеззараживания воздуха в помещениях, твёрдой поверхности или воды [1—5].

ЭПРА питают лампу высокостабильным синусоидальным током частотой 43...50 кГц, обеспечивают прогрев электродов перед пуском заданным током, «поджиг» лампы и с высокой точностью поддерживают ток разряда лампы при колебаниях фазного напряжения сети от 180 до 250 В, обеспечивают все виды защиты в нормальном и аномальном режимах работы, предписанные российским ГОСТ Р 51317.3.2—99 (класс «С») и европейскими нормами по безопасности и электромагнитной совместимости МЭК 61000-3-2-06. Сегодня на всех выпускаемых ОАО «ЭНЭФ» ЭПРА для мощных ламп, более 95 Вт, реализована функция «мягкого старта» лампы, с числом включений более 5000 раз без распыления эмиссионного слоя электродов лампы, с программным регулированием тока, протекающего через электроды лампы в различных режимах её работы. На ЭПРА, выпускаемых с 2010 г., реализован алгоритм одновременного зажигания ламп в течение 4 с для снижения пусковых нагрузок [6—8].

ЭПРА обладают повышенной помехозащищённостью по сети и высоким коэффициентом полезного действия (КПД) — более 90 %. Коэффициент мощности ЭПРА λ более 98 % в номинальном режиме, возможно снижение коэффициента λ до 96 % во время некоторых переходных процессов, по этой причине в кратких технических характеристиках ЭПРА указано меньшее значение этой величины.

Число попыток повторного включения после неудачного «поджига» лампы программно ограничено 5...8 для снижения нагрузки на провода, так как в момент «поджига» лампы импульсное напряжение на лампе может достигать 1000 В.

Некоторые модели ЭПРА являются программно-управляемыми и используются для управления работой и током ламп, таких как ДБ-300, -350, -500, -600, -800. Управляемые ЭПРА (УЭПРА) могут соединяться по шине управления в группы до 50 штук на один канал. Число каналов контроллера — 5. Общее число УЭПРА, подключённых к одному контроллеру, может достигать 250. Контроллер управления NF-K-001 разработан ЗАО «ЛИТ» совместно с ОАО «ЭНЭФ». Каждая группа УЭПРА с помощью данного контроллера может управляться через интерфейс RS485. Кон-

троллер управления NF-K-002 также разработан ЗАО «ЛИТ» совместно с ОАО «ЭНЭФ». Каждая группа УЭПРА с помощью данного контроллера может управляться через интерфейс RS485 или с использованием аналогового сигнала, поступающего по одному из двух аналоговых входов. При управлении ток лампы может изменяться в пределах от 50 до 100 %. УЭПРА могут работать и без управляющего сигнала, как неуправляемые ЭПРА. В этом случае вход управления остаётся незадействованным, а ток лампы будет 100 % с номинального значения для данного типа лампы [9, 10].

Конструкция ЭПРА позволяет организовывать с помощью клеммных колодок или разъёмов входы и выходы питания, управления, светосигнальной индикации и контроля работы ЭПРА и лампы для возможности организации системы управления и индикации. Конструктивно ЭПРА (УЭПРА) разделяются на два основных типа: одиночные ЭПРА (УЭПРА), работающие с одной лампой, и групповые УЭПРА для работы с большим числом ламп, в настоящее время до 6 ламп. Все типы групповых УЭПРА имеют функцию регулирования тока лампы.

Одиночные ЭПРА в основном используются в установках с относительно небольшим числом ламп, в которых компоновочные решения позволяют разместить и обслуживать лампы и остальное электрооборудование. Индикация работы и управление одиночными ЭПРА индивидуальны. Одиночные ЭПРА удобно объединять в группы, кассеты, шкафы с любым числом подключаемых к ним ламп. Одиночные ЭПРА для воздушных облучателей и рециркуляторов, как правило, имеют в своём составе узлы и блоки управления и индикации, позволяющие без дополнительного монтажа использовать их как готовое решение в отдельных установках.

Применение группового УЭПРА позволяет существенно уменьшить число комплектующих, улучшить массогабаритные показатели системы, в которой они используются, а также снизить трудозатраты на монтаж и обслуживание оборудования. Реализована возможность поблочной замены элементов УЭПРА.

При разработке оборудования, в состав которого входят ЭПРА (УЭПРА), необходимо учитывать ряд требований, невыполнение которых ведёт к снижению КПД и резкому сокращению срока службы ЭПРА (УЭПРА) или выходу его из строя.

Длина проводов, идущих от ЭПРА (УЭПРА) к лампе, должна быть как можно меньше (предельная длина всех проводов, идущих от ЭПРА до лампы, 12 м, кроме ЭПРА Л~220-1х350-2222-18 (М), рассчитанного на повышенную длину кабеля до 25 м), так как ёмкость проводов влияет на параметры последовательного колебательного контура, образованного элементами схемы «ЭПРА — лампа» (провода — часть этого контура). Не следует забывать, что мы имеем дело с частотой тока 43...50 кГц и амплитудой напряжения до 1000 В при зажигании лампы и до 150 В в её рабочем режиме, при этом схема работает на пике резонанса. Максимальное значение ёмкости проводников в кабеле не должно превышать 800 пФ.

Провода для подключения ламп должны иметь площадь сечения жилы не менее 0,75 мм² для ламп мощностью до 300 Вт, так как токи предварительного подогрева электродов этих ламп достигают 3,2...3,5 и 2,35...2,45 А, а токи разряда 1,9...2,1 и 1,8...1,9 А соответственно. Для ламп мощностью 350 и 600 Вт рекомендуемая площадь сечения провода составляет не менее 1,0 мм² (ток предварительного прогрева электродов 4,1...4,3 А, токи разряда 1,6...3,2 и 1,5...3,0 А соответственно). Для ламп мощностью 500 и 800 Вт рекомендуемая площадь сечения провода составляет не менее 1,5 мм² (ток предварительного прогрева электродов 4,1...4,3 А, ток разряда 2,5...5,0 А). Рекомендуется использовать четырёхжильные провода указанных площадей сечения типа «ПВС».

Провода должны удовлетворять следующим требованиям. Провод должен быть многожильным (для подключения к сети) или четырёхжильным (для подключения лампы к ЭПРА) в двойной изоляции; каждая жила должна быть скручена из проводников меньшего сечения. Материал жил провода — мягкая медь, площадь сечения каждой жилы 0,75...1,5 мм² (в зависимости от типа ЭПРА). Изоляция проводов должна выдерживать испытательное напряжение 2500 В (между жилами) в течение 5 мин для всего заданного срока эксплуатации. Рабочее напряжение провода — 380/660 В. Рабочая температура — до +70 °С. Относительная влажность воздуха — до 85 % при температуре +25 °С. Срок эксплуатации провода не менее 7 лет.

Хорошие результаты при проведении испытаний на электромагнитную совместимость (ЭМС) установок DUV показала витая пара из двух проводов. Применение витой

пары позволяет снизить уровень излучения радиопомех от проводов в радиодиапазоне на 8...10 дБ. При этом снижается ёмкость провода между его концами в 4 раза по сравнению с четырёхжильным проводом, не смотанным в витую пару, увеличивается в два раза пробивное напряжение провода, что позволяет рекомендовать это решение как наиболее рациональное, особенно на установках, где длина проводов, идущих от лампоузлов до ЭПРА, свыше 6 м. Для снижения радиочастотных излучений в эфир и исключения взаимного влияния по цепям «ЭПРА — лампа» провода следует прокладывать отдельно и помещать в металлические трубы или короба, которые имеют надёжное заземление (экранировать).

Перечисленным требованиям в наибольшей степени удовлетворяют провода марок ПВС 3×0,75; ПВС 3×1,0; ПВС 2×1,0; ПВС 2×1,5; ПВС 4×0,75; ПВС 4×1,0; ПВС 4×1,5.

В качестве кабеля интерфейса для управления УЭПРА следует применять 5...10 витых пар проводов в общем экране (длиной не более 20 м). При выборе кабеля питания следует руководствоваться потребляемой мощностью ЭПРА, учитывая амплитуду пускового тока и тока потребления при пониженном напряжении питания ЭПРА. Выбор оптимальных длины кабеля и площади сечения проводов обеспечивает стабильную работу и высокий КПД ЭПРА и лампы [1—3].

При конструировании установок обеззараживания следует учитывать возможное разрушение материалов под воздействием ультрафиолетового излучения (УФ) (провода, трубок, изоляции и т. п.). Недопустимо попадание УФ-излучения на элементы ЭПРА (корпус, клеммные колодки, электрические элементы и др.). Особое внимание следует обращать на отвод тепла от ЭПРА (УЭПРА). В конструкцию микросхемы драйвера IR вмонтирован датчик достижения предельной температуры кристалла источника света (ИС) +125 °С, поэтому при перегреве элементов ЭПРА выше +100 °С (температура на корпусе ЭПРА +75...+80 °С) аппараты могут аварийно отключаться. Повторное включение возможно лишь при отключении ЭПРА от сети при условии снижения температуры до нормального значения. Этот режим превышения предельной температуры является аварийным, потому что после нескольких таких отключений из-за необратимых изменений в кристаллах ИС и высоковольтных транзисторах возможен выход ЭПРА из строя.

Для одиночных ЭПРА максимальная температура корпуса ЭПРА с верхними крышками (исполнение IP20, IP54) не должна превышать +70 °С при максимальной температуре окружающей среды +50 °С. Для открытых ЭПРА без верхних крышек (исполнение IP00) температура не должна превышать +70 °С на радиаторах ключевых транзисторов. При измерении температуры необходимо учитывать, что при работе радиаторы ключевых транзисторов находятся под высоким напряжением — 400 В относительно земли. ЭПРА для воздушных облучателей и рециркуляторов без верхних крышек должны использоваться только при принудительном охлаждении.

Особые условия охлаждения необходимо создать для групповых УЭПРА. Рабочее поло-

жение групповых УЭПРА должно быть таким, чтобы обеспечивалось продувание вентилятором охлаждения ЭПРА снизу вверх. Любые предметы, заслоняющие воздушный поток, должны находиться на расстоянии не менее 40 мм от нижней защитной решётки и 60 мм от верхней решётки.

При тепловом расчёте шкафов ЭПРА важно, чтобы не были превышены значения температуры корпусов ЭПРА, указанные в технологических условиях (ТУ) на ЭПРА. При этом надо учитывать, что около 8...10 % мощности теряется на нагрев силовых элементов ЭПРА. Для более равномерного распределения температуры внутри шкафов одиночные ЭПРА желательно устанавливать на пластины с хорошей теплопроводностью, возможно, с установкой дополнительных радиаторов при недостаточном теплоотводе на поверхности коробок и шкафов ЭПРА. При проектировании установки с использованием группового УЭПРА необходимо обеспечить температуру воздуха на входе защитной решётки в нижней части УЭПРА не более 55 °С. ЭПРА не предназначены для установки в пожаро- и взрывоопасных зонах без применения мер защиты. Крепление ЭПРА при эксплуатации должно быть жёстким, исключающим их перемещение относительно точек крепления.

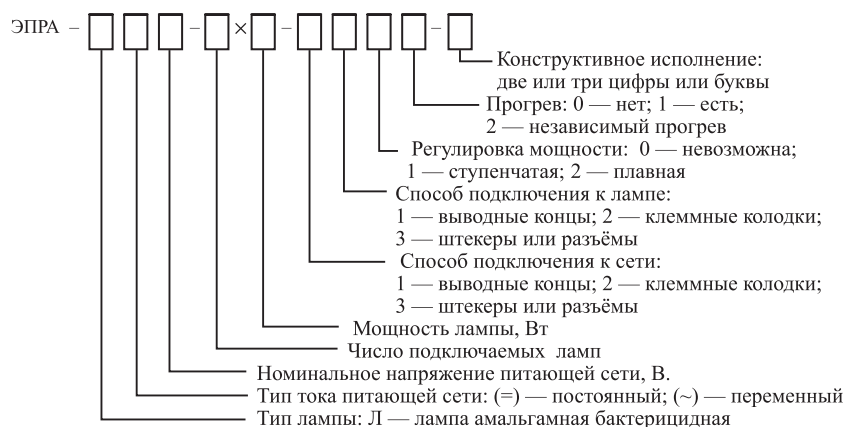


Рис. 1. Условное обозначение типа ЭПРА производства ОАО «ЭНЭФ»

Основные технические данные ЭПРА Л~220-3х9-2201-09

Параметр	Значение	Допустимое отклонение
Номинальное напряжение питания, В	220	+30/-40
Номинальный ток потребления А, не более (в зависимости от типа лампы)	0,12	—
Частота потребляемого тока, Гц	50/60	—
Коэффициент мощности λ	0,96	—
Тепловые потери (от потребляемой мощности), %	8	—
Номинальный ток лампы, А	0,133	—
Ток подогрева электродов до пуска, А	0,24	-
Время подогрева электродов до пуска, с	3	± 1
Ток подогрева электродов после пуска, А	0,06	0,01
Геометрические размеры, мм	300×44×30	—
Масса, кг	0,34	$\pm 0,01$

У производителя ЭПРА на маркировке указаны рекомендуемая мощность используемой с ЭПРА лампы, тип и схема подключения (рис. 1).

ЭПРА Л~220-3х9-2201-09, выпускаемый ОАО «ЭНЭФ», предназначен для зажигания и обеспечения рабочего режима трёх газоразрядных ламп, используемых в приборе ПИКЧ. ЭПРА работает в сетях однофазного переменного тока. ЭПРА Л~220-3х9-2201-09 обеспечивает старт с прогревом электродов лампы и ненормированное число включений лампы без распыления эмиссионного слоя её электродов. Основные технические данные, геометрические размеры и масса этого ЭПРА приведены в таблице. Габаритно-присоединительные размеры ЭПРА и этикетка со схемой подключения приведены на рис. 2. Рекомендуемые типы ламп: -TUV 9W PL-S.

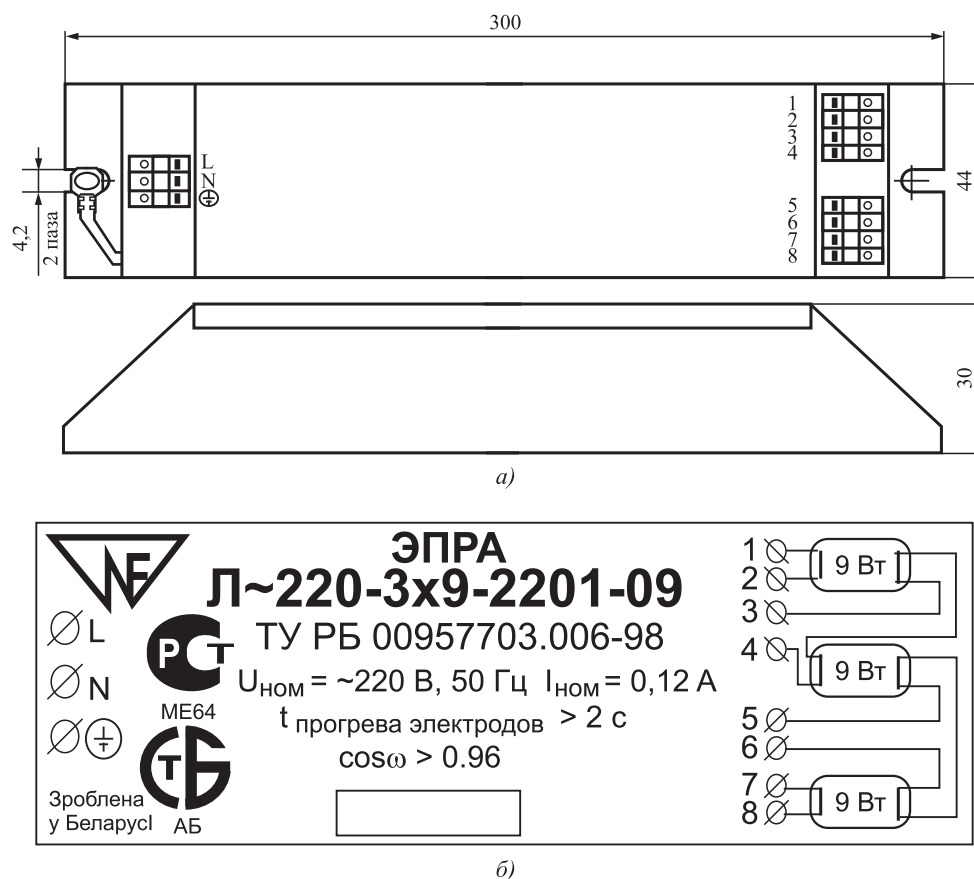


Рис. 2. Габаритные и присоединительные размеры (а) и этикетка (б) ЭПРА Л~220-3x9-2201-09

Данные конструкции и электрические характеристики ЭПРА позволяют «плавно» включать и бесперебойно питать амальгамные ультрафиолетовые лампы и тем самым увеличивать их срок службы и надёжность.

Библиографические ссылки

1. Микаева С.А., Микаева А.С. Экспериментальные исследования характеристик перспективных источников света, приборов и систем. М.: Русайнс, 2017. С. 150.
2. Микаева С.А. Производство приборов и систем с новейшими источниками света. М.: Русайнс, 2018. С. 135.
3. Микаева С.А., Микаева А.С. Современные электронные системы и устройства. М.: Русайнс, 2019. С. 186.
4. Брысин А.Н., Микаева С.А. Электротехника. Казань: Бук, 2018. С. 228.
5. Брысин А.Н., Микаева С.А. Промышленная электроника. Импульсные устройства и основы микропроцессорной техники. Казань: Бук, 2019. С. 250.

6. Микаева С.А., Микаева А.С. Автоматизированная сборка компактных люминесцентных ламп // Сборка в машиностроении, приборостроении. 2014. № 2. С. 36—38.

7. Ашрятов А.А., Микаева С.А., Микаева А.С. Приборы для контроля сборки компактных люминесцентных ламп // Сборка в машиностроении, приборостроении. 2014. № 2. С. 23—26.

8. Микаева С.А., Микаева А.С., Железникова О.Е. Системы обеззараживания ультрафиолетом // Сборка в машиностроении, приборостроении. 2015. № 2. С. 44—48.

9. Микаева С.А., Микаева А.С., Железникова О.Е., Амеликина С.А. Облучатели бактерицидные // Сборка в машиностроении, приборостроении. 2014. № 11. С. 3—6.

10. Микаева С.А., Микаева А.С. Обеззараживание воды ультрафиолетовым излучением // Автоматизация и современные технологии. 2014. № 11. С. 8—11.

Ссылка для цитирования

- Микаева А.С., Микаева С.А. Электронные пускорегулирующие аппараты // Автоматизация. Современные технологии. 2020. Т. 74. № 8. С. 345—352. DOI: 10.36652/0869-4931-2020-74-8-345-352.

УДК 681.05.13.06

Е.А. Султанова, канд. техн. наук, доц., **Д.Д. Шарипова**
(Уфимский государственный нефтяной технический университет)
sharipova.diana.damirovna@gmail.com; katerina.sultanova@gmail.com

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ СТЕПЕНИ ИЗНОСА ОБОРУДОВАНИЯ И СООРУЖЕНИЙ НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ КОМПЛЕКСОВ

На основе процесса оценки степени реконструкции нефтеперерабатывающего комплекса с применением методов математической статистики и прогнозирования ситуаций составлена модель для разрабатываемой системы поддержки принятия решений при диагностике степени износа оборудования и сооружений на предприятии.

Ключевые слова: система поддержки принятия решений; степень износа; нефтеперерабатывающий комплекс; методы оценки; износ сооружений; износ оборудования.

The model of the developed decision support system for diagnosing the wear degree of equipment and structures at the enterprise constructed based on the process of assessing the degree of reconstruction of the oil refining complex using the methods of mathematical statistics and forecasting situations.

Keywords: decision support system; degree of wear; oil-processing complex; assessment methods; wear of structures; wear of equipment.

В современных условиях научно-технического прогресса всё активнее осуществляется автоматизация не только повседневных, но и производственных процессов. Внедрение современных систем диагностики и реконструкции промышленных комплексов с применением методов математической статистики и прогнозирования ситуаций призвано решить проблемы с отказами, износом сооружений и оборудования, а также оказать влияние на безопасность эксплуатации на предприятии. На многих предприятиях большое значение придаётся продлению срока службы оборудования и сооружений. В нефтяной промышленности выделяется, как одна из главнейших задач, повышение эффективности и качества отдачи вложений в основные фонды. В настоящее время на предприятиях нефтяной промышленности требуется автоматизация и модернизация процессов по мониторингу состояния основных фондов, что позволит увеличить срок эксплуатации элементов нефтеперерабатывающего комплекса. Создание новой оптимизированной системы с использованием существующих теоретических разработок даст возможность уменьшить потери и простои на предприятиях, связанные с эксплуатацией оборудования и сооружений, а также повысить безопасность при эксплуатации основных средств. Разработка комплексного решения происходит на основе существующих различных методов. Для рационального учёта всех факторов необходимо использовать

анализ, с помощью которого выбирается оптимальный вариант создания системы.

Актуальность данной темы обусловлена использованием современных систем для диагностики на нефтеперерабатывающих производствах. На данном этапе на нефтеперерабатывающих комплексах необходимо вести модернизацию и обновление всех инфраструктур путём продления работоспособности оборудования и сооружений, выявления приоритетов замены, а также оценки и принятия решений по сооружениям. Данные задачи можно решить с помощью модернизации существующих способов диагностики состояния оборудования и сооружений либо путём разработки новых способов или создания новых систем на основе существующих методов и подходах [2].

На сегодняшний день существуют различные системы расчётов в сети, которые позволяют рассчитывать все виды износа по отдельности. Данные решения не представлены в виде организованной системы, с помощью которой будет возможно вести наблюдения на комплексе. Система, которая будет создаваться, станет новым комплексным решением для диагностики оборудования и промышленных сооружений, а также позволит безопасно хранить данные и автоматизировать процесс работы экспертных служб.

Нефтеперерабатывающее производство представляет собой сложные аппаратные комплексы, оснащённые оборудованием, способ-

ным работать в различных условиях, а также промышленные сооружения, которые используются для процесса производства [4].

В качестве средств разработки будущей системы используются следующие программы:

Microsoft Visual Studio — продукт компании Майкрософт, включающий среду разработки программного обеспечения (в данном продукте создаётся сама программа с помощью объектно-ориентированного языка программирования C#);

Microsoft Visio — графический редактор диаграмм и блок-схем.

Процесс оценки износа оборудования и комплексов можно представить с помощью структурной схемы, где выделяются основные этапы: выявление признаков износа, наблюдение и контроль, анализ, оценка степени износа, прогнозирование, планирование, принятие решений и реализация решений (рис. 1).

К функциям данной системы можно отнести: контроль за состоянием оборудования, оценку технического состояния, устранение непредвиденных ситуаций, планирование обновлений и модернизации, интеллектуальный анализ данных и принятие решений. Первостепенным этапом является реализация решений на основе оценки степени износа, к которым приводит непосредственно сама система.

Потери, связанные с эксплуатацией оборудования и сооружений, можно сократить до минимума путём технического обслуживания на основе проверки состояния износа в реальном времени. С этой целью при моделировании будущей системы необходимо провести анализ существующих методов, оценивающих состояние элементов комплекса. Для того чтобы оценить состояние оборудования, используются следующие методы [6]:

корреляционный метод — позволяет определить количественную взаимосвязь между параметрами оборудования с помощью определённого количества явления и однородности совокупностей;

регрессионный анализ — вычисление на основе нескольких известных значений (выполняются следующие задачи: построение уравнения регрессии, выявление зависимостей между результатом и факторами, а также оценка значимости уравнения);

метод экспертных оценок — ранжирование, попарное и последовательное сопоставления, балльная и непосредственная оценки (данные методы отличаются между собой экспериментами и результатами опроса).

В действительности полное соответствие требованиям корреляционного и регрессионного анализов используется крайне редко, поэто-

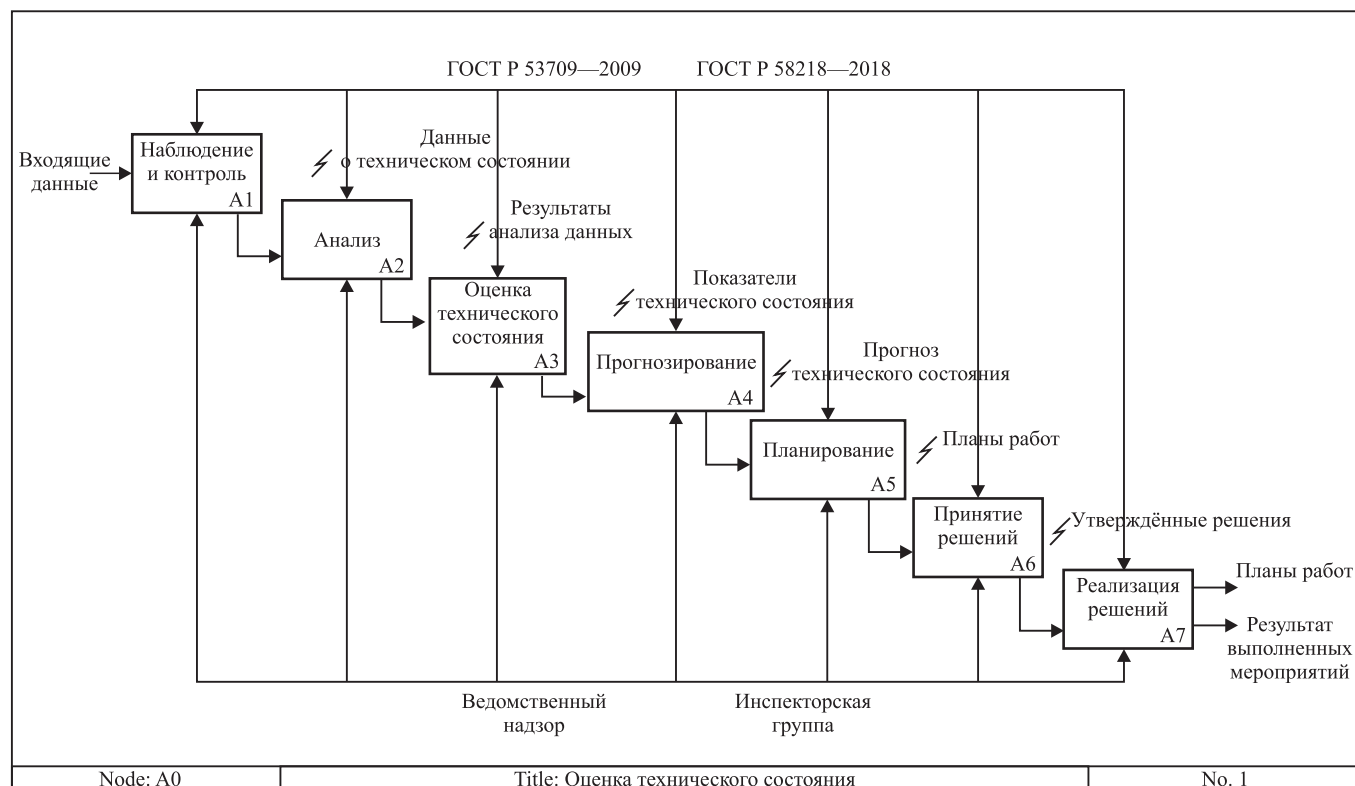


Рис. 1. Диаграмма декомпозиции

му данные методы неприменимы на комплексе. Исходя из представленных методов в создающейся программе будут использоваться методы экспертных оценок, что позволит более точно давать прогнозы и выводить отчётность.

Диагностирование оборудования и износ зданий отличаются методами расчёта. Так, износ промышленных сооружений на нефтеперерабатывающем комплексе будет оцениваться с учётом двух факторов [5]:

моральный износ (обусловлен научно-техническим прогрессом и отсутствием технологического соответствия стандартам);

физический износ (изменение первоначальных свойств конструктивных элементов).

Диагностика на предприятии будет проходить в несколько этапов. Исходя из введённых данных, будет составляться отчётность для инженеров и сотрудников экспертной оценки.

Процесс обработки данных играет важную роль, так как информация, введённая в хранилище данных, может использоваться в дальнейшем для принятия решений и предотвратить повторный ввод исходных и некорректных данных.

На основе существующих методик составляется возможная блок-схема алгоритма рабо-

ты, где на выходе выводится отчёт об оценке текущего состояния оборудования или сооружения. Для обработки информации используются материалы, подготовленные и представленные в базе данных (рис. 2) [1].

Информация о возможных ошибках и вводе корректных данных записывается в отдельные базы данных для наглядного вывода информации в виде записи данных, а также для использования материалов в дальнейшем. Система будет осуществлять контроль отклонений различных параметров и выдавать отчёты, позволяющие в явной форме выводить информацию о различных решениях, принятых системой [3].

Результаты анализа будут передаваться в модуль сопоставления данных, где происходит поиск оптимальных решений, определение приоритетов в замене оборудования и возможных действиях с сооружениями, а также дальнейшее планирование работ с основными фондами комплексов.

Выводы. Современные нефтеперерабатывающие комплексы — это совокупность машин и аппаратов, а также сооружений, оснащённых специальным оборудованием. У составляющих комплекса разный срок использования, в связи с чем на данный момент процесс автоматизации проверки и принятия решений по дальнейшим действиям затруднителен. По этой причине создание системы поддержки принятия решений для оценки состояния оборудования и сооружений позволит значительно снизить эксплуатационные затраты, различные потери от аварийности, а также повысить безопасность при применении оборудования и сооружений.

Информационные системы позволяют использовать более глубокие сведения и на их основе описывать закономерности, принимать решения и прогнозировать дальнейшие действия. Разработанная модель для будущей системы позволит отслеживать неисправности, рассчитывать остаточный ресурс, повысить безопасность на предприятии, проводить наблюдения за основными фондами и провести оптимизацию всех процессов, связанных с обновлениями.

Практическая значимость исследования разрабатываемой модели для системы определяется набором теоретических и практических рекомендаций для дальнейшего создания системы поддержки принятия решений, а также по совершенствованию оценки износа средств нефтеперерабатывающего предприятия.

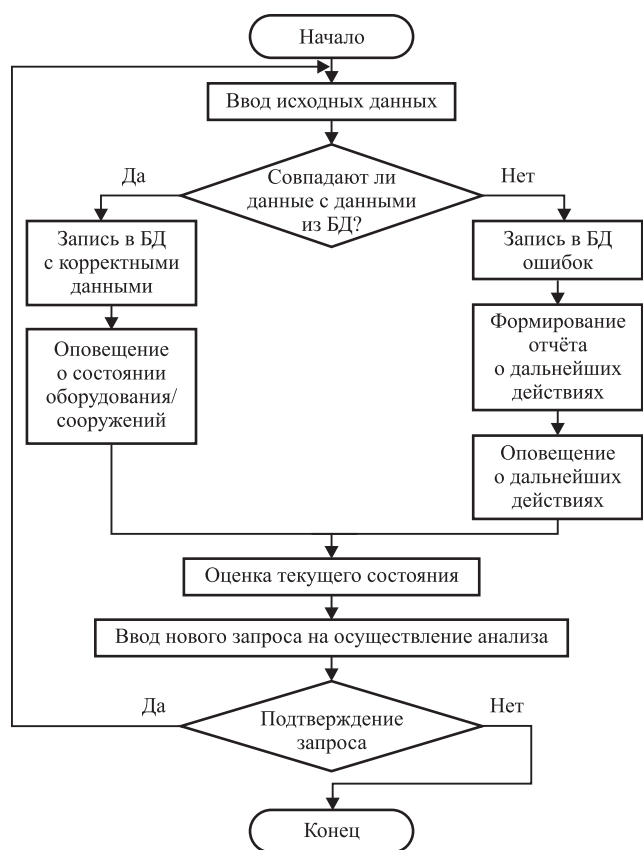


Рис. 2. Алгоритм работы

На основе разработанных данных и полученных научных результатов создана модель для разрабатываемой системы поддержки принятия решений и прогнозирования износа элементов нефтеперерабатывающей промышленности. Значимость результатов исследования для науки заключается в том, что представленные данные помогут в оценке старения предметов комплекса, а также могут быть использованы при создании систем в условиях современного рынка. Полученные результаты могут быть использованы в различных инженерно-строительных, промышленных и нефтегазовых областях. В работе приведены данные, которые позволяют дополнить существующие разработки и выявить воздействие разрабатываемой системы на дальнейшую работу комплексов и их сотрудников.

Библиографические ссылки

1. **Al-Fedaghi S.T., Hassouneh A.R.** Modeling the Engineering Process as a Thinging Machine: a Case Study

of Chip Manufacturing // *Advances in Intelligent Systems and Computing*. 2019. P. 67—77.

2. **Tianxing M.P., Osipov V.Y., Zhukova N.A., Vodyaho A.I., Lebedev S.V.** Distributed Technical Object Model Synthesis Based on Monitoring Data // *International Journal of Knowledge and Systems Science*. 2019. Vol. 10. P. 27—43.

3. **Sokolov B.V., Ushakov V.A.** Model-Algorithmic Support for Abilities Calculating of Control System Based on Projection Operators // *Advances in Intelligent Systems and Computing*. 2019. Vol. 3. P. 342—348.

4. **Беляева В.Я., Бараз А.Н., Габелая Р.Д.** Нефтегазовое строительство. М.: ОМЕГА-Л, 2005. С. 574.

5. **Казиев В.М.** Влияние функционального износа на общий накопленный износ зданий и сооружений: доклад «Технические науки». М.: Ремонт и реконструкция, 2014. С. 6.

6. **Шубин В.С., Рюмин Ю.А.** Надёжность оборудования химических и нефтеперерабатывающих производств. М.: Химия, КолосС, 2006. С. 360.

Ссылка для цитирования

Султанова Е.А., Шарипова Д.Д. Моделирование систем поддержки принятия решений для диагностики степени износа оборудования и сооружений нефтеперерабатывающих комплексов // *Автоматизация. Современные технологии*. 2020. Т. 74. № 8. С. 353—356.



ИЗДАТЕЛЬСТВО «ИННОВАЦИОННОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ»



СПРАВОЧНИК ТЕХНОЛОГА

Под общей редакцией А.Г. Сулова

Цена 9500 руб.

2019 г. 800 с.

За последние 40 лет впервые издан совершенно новый Справочник технолога. В его написании приняли участие 69 докторов и кандидатов технических наук из 17 регионов Российской Федерации. В книге приведен справочный материал, необходимый технологу при разработке технологических процессов изготовления деталей и сборки узлов. Последовательность изложения справочного материала соответствует методологии технологической подготовки производства. Изложен справочный материал по производству заготовок, назначению припусков, базированию, технологическим способам обработки заготовок, обеспечению качества деталей и сборочных единиц, методике разработки технологических процессов, обработке заготовок, в том числе на станках с ЧПУ и обрабатывающих центрах, и сборке изделий машиностроения и авиадвигателестроения.

Приведена нормализованная технологическая документация для разработки технологических процессов. Впервые изложена методология технологической подготовки цифровых производств.

Для инженерно-технических работников промышленных предприятий, студентов, аспирантов и преподавателей технических вузов.

ПРИБРЕСТИ КНИГУ ПО ЦЕНЕ ИЗДАТЕЛЯ МОЖНО, ПРИСЛАВ ЗАЯВКУ

по e-mail: realiz@mashin.ru

Дополнительная информация по телефону (495) 785-60-69 и на сайте WWW.MASHIN.RU



Ф.С. Чыонг, М.С. Селезнева, канд. техн. наук, **К.А. Неусыпин**, д-р техн. наук, проф.
(Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана)

truongpx@mta.edu.vn

РАЗРАБОТКА СТРУКТУРЫ НАВИГАЦИОННОГО КОМПЛЕКСА ВЫСОКОТОЧНОГО БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ДЛЯ ПОЛЁТА В АТМОСФЕРЕ

Исследованы навигационные системы в составе навигационного комплекса высокоточного беспилотного летательного аппарата в условиях разнорысотного полёта. Сформированы рабочие контуры навигационного комплекса с алгоритмами коррекции для беспилотного летательного аппарата при высотных и низкорысотных полётах. Представлены математические модели погрешностей инерциальной навигационной системы, применяемые в нелинейном и линейном фильтрах Калмана. Результаты математического моделирования продемонстрировали эффективность рабочих контуров навигационного комплекса с алгоритмами коррекции.

Ключевые слова: высокоточный беспилотный летательный аппарат; навигационный комплекс; разнорысотный полёт; рабочий контур; пассивные помехи; фильтр Калмана; коррекция.

The navigation systems as part of the navigation complex of a high-precision unmanned aerial vehicle in conditions of different altitude flight are investigated. The working contours of the navigation complex with correction algorithms for an unmanned aerial vehicle during high-altitude and low-altitude flights are formed. Mathematical models of inertial navigation system errors used in non-linear and linear Kalman filters are presented. The results of mathematical modeling demonstrate the effectiveness of the working contours effectiveness of the navigation complex with correction algorithms.

Keywords: high-precision unmanned aerial vehicle; navigation complex; multi-altitude flight; work circuit; passive noises; Kalman filter; correction.

Введение. Мониторинг больших пространств, поверхностей Земли и океана, доставка полезной нагрузки в заданную точку и решение других сложных задач осуществляется с помощью высокоточных беспилотных летательных аппаратов (БЛА), например, B-2A, Predator, Global Hawk, X-45A, X-47B и др. К прототипам исследуемого БЛА можно отнести RQ-1 Predator класса «Predator — B» в варианте разведывательно-ударного комплекса.

БЛА исследуемого класса обычно осуществляют полёты в атмосфере на высотах до 25 тыс. км, а также предусмотрена фаза полёта по рельефу местности. Управление такими БЛА является наиболее сложным из-за высоких требований к точности управления. Системы управления ЛА вырабатывают сигналы управления на основе измерительной информации от различных навигационных систем. Навигационные системы имеют погрешности и для повышения точности навигационных определений их объединяют в навигационные комплексы (НК) [1–4]. Как правило, базой НК является инерциальная навигационная систе-

ма (ИНС), а в качестве внешней по отношению к ИНС системы используют спутниковые навигационные системы (GPS, ГЛОНАСС), разнообразные радиолокационные системы (РЛС), астросистемы и др. [2, 4].

Измерительные сигналы этих систем имеют погрешности, обусловленные конструктивными особенностями и условиями функционирования БЛА, в частности пассивными помехами. Наиболее распространённая схема алгоритмической коррекции навигационных систем и НК предусматривает совместную обработку сигналов от ИНС и внешнего датчика с помощью алгоритма оценивания [5–10].

Алгоритмы оценивания применяются для компенсации погрешностей в выходном сигнале НК.

Требования, предъявляемые к точности НК высокоточных БЛА, постоянно возрастают, поэтому разработка новых технических решений и схем коррекции, алгоритмов обработки информации является актуальной и важной задачей.

Точность алгоритмической коррекции в большой степени зависит от характеристик

ИНС и внешних датчиков навигационной информации, достоверности априорной информации об объекте оценивания, его стохастических характеристиках, а также от способа комплексирования систем в НК [7, 11].

Алгоритмическое обеспечение высокоточных НК включает нелинейные алгоритмы оценивания, в частности, нелинейный фильтр Калмана (НФК). Адаптивные модификации НФК позволяют получить высокую точность навигационных определений выбранного состава НК.

Дальнейшее повышение точности НК с адаптивным НФК возможно путём выбора наилучшего состава НК в зависимости от режима полёта и помеховой обстановки, что обеспечит максимально точное определение навигационных параметров БЛА.

Разработка алгоритмов коррекции, направленных на компенсацию остаточных погрешностей (после проведённой коррекции) НК, также является актуальной задачей при разработке высокоточных БЛА.

Таким образом, статья посвящена обоснованному определению структуры НК и его алгоритмов коррекции при функционировании высокоточного БЛА в условиях разновысотного полёта и различной помеховой обстановки.

Навигационные системы беспилотного летательного аппарата. Выбор наилучшего приборного состава НК позволит определять навигационные параметры БЛА с максимально возможной точностью. Дальнейшее повышение точности НК можно осуществлять путём применения алгоритмов высокоточной коррекции навигационной информации [8–10]. Например, повысить точность НК способны адаптивный НФК с эволюционным алгоритмом построения модели [8], адаптивный регулятор в структуре ИНС [12, 13] и др.

При изменении высоты полёта БЛА существенно меняется помеховая обстановка — появляются пассивные помехи, связанные с состоянием атмосферы. Поэтому часто встречаются случаи, когда использовать АИС не представляется возможным или существенно снижается точность. В условиях пассивных помех целесообразно осуществлять изменение рабочего контура (приборного состава) НК. Для априорного выбора состава НК БЛА разработана методика, предполагающая анализ информационных полей и зависящая от высоты полёта [14]. Однако в процессе полёта априорная информация может стать неадекватной реальной помеховой обстановке и выбор структуры НК становится неоптимальным.

Формирование структуры навигационного комплекса. Высокоточные БЛА отличаются значительной стоимостью и высокими требованиями к точностным характеристикам НК. НК БЛА обычно включают такие основные навигационные системы, как ИНС, СНС, АИС и РЛС. Сигналы этих навигационных систем подвергаются совместной обработке с помощью алгоритма оценивания. Однако в зависимости от уровня помех достоверность информации от каждой из систем может существенно отличаться. В НК отсутствие достоверной априорной информации о статистических характеристиках шумов приводит к снижению точности оценивания, поэтому для определения навигационной информации целесообразно использовать наиболее точные системы [15]. Известными подходами к синтезу наилучших структур рабочих контуров НК являются селективный подход [15] и использование для выбора рабочего контура НК интеллектуальных технологий [12, 13, 16]. Когда уровень помех и диапазон устойчивой работы систем НК известен, применяется априорный программный выбор рабочего контура НК на каждом этапе полёта. Такой подход к выбору структуры НК отличается простотой и надёжностью. НК с априорным выбором структуры представлен на рис. 1.

В зависимости от условий функционирования для определения навигационных параметров высокоточных БЛА используют ИНС, АИС и СНС. Различные способы их коррекции осуществляются, в частности, посредством алгоритмов оценивания.

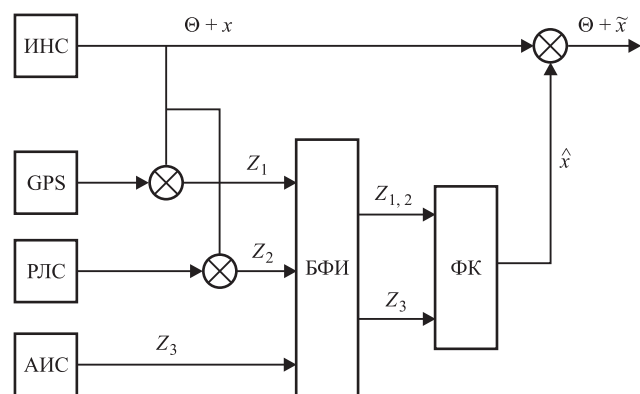


Рис. 1. Структура навигационного комплекса высокоточного беспилотного летательного аппарата:

Θ — истинная навигационная информация о навигационных параметрах БЛА; x — погрешности ИНС; \hat{x} — оценка погрешностей ИНС; \tilde{x} — ошибка оценивания погрешностей ИНС; Z_1 — совокупность погрешностей ИНС и GPS; Z_2 — совокупность погрешностей ИНС и РЛС; $Z_{1,2}$ — совокупность погрешностей навигационных систем, выбранных в зависимости от высоты полёта БЛА; БФИ — блок формирования измерений для ФК

В условиях высотного полёта БЛА пассивные помехи, влияющие на точность АИС и СНС, как правило, минимальны. Поэтому информация от АИС и СНС используется для коррекции ИНС в НК. При снижении БЛА и осуществлении низковысотного полёта анализ информационных полей показал преимущество РЛС [14]. В связи с этим в БФИ формируется измерительный сигнал, представляющий собой разность показаний ИНС и РЛС, который используется в ФК. Момент переключения на другой рабочий контур НК определяется из практических соображений в зависимости от целевого назначения БЛА и сценария его полёта. Учитываются также условия полёта. Например, при полёте БЛА над территорией противника применение СНС, имеющей слабую помехозащищённость, нецелесообразно.

Модели алгоритма оценивания. Алгоритмы оценивания предполагают использование математических моделей погрешностей базовой навигационной системы. В качестве базовой системы в НК обычно используют ИНС, поэтому в алгоритмах оценивания применяют нелинейные и линейные модели погрешностей ИНС.

Для высокоточного определения навигационных параметров БЛА в условиях отсутствия пассивных помех используют астроинерциальную навигационную систему (АИНС). Обработка сигналов АИНС осуществляется с помощью НФК и его адаптивных модификаций. Такой выбор обоснован стабильными условиями функционирования БЛА. При появлении пассивных помех, что обычно бывает на участках низковысотного полёта, состав НК меняется и включает ИНС и РЛС. В этом случае обработку информации в НК целесообразно проводить с помощью линейных алгоритмов оценивания. Уровень помех РЛС достаточно высок и выделить из разности сигналов ИНС и РЛС информацию о погрешностях ИНС удастся с более низкой точностью по сравнению с АИНС. Информация о статистических характеристиках измерительного шума имеет более низкую степень достоверности. Поэтому учёт нелинейных составляющих при использовании НФК не приводит к повышению точности, а часто вызывает снижение точности из-за неадекватности модели.

В НФК используют модели погрешностей одного горизонтального канала ИНС. Нелинейная модель погрешностей ИНС имеет вид [17]:

$$x_k = Fx_{k-1} + w_{k-1}; \quad (1)$$

$$x_k = \begin{bmatrix} \delta E \\ \delta v_E \\ \Phi_N \\ \omega_N^{dr} \end{bmatrix}_k; \quad F = \begin{bmatrix} 1 & T & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -Tg \cos \Phi_E & 0 \\ 0 & \frac{T}{R} & 1 - \frac{T}{R} \delta v_N \operatorname{tg} \Phi_E & T \\ 0 & 0 & 0 & 1 - T\beta \end{bmatrix}; \quad w_k = \begin{bmatrix} 0 \\ TB_E \\ 0 \\ TA\sqrt{2\beta}w \end{bmatrix},$$

где x_k — вектор состояния; F — матрица объекта; w_k — входной шум; δE — ошибка в определении местоположения; δv_E — ошибка в определении скорости; $\Phi_{N, E}$ — углы отклонения ГСП от плоскости горизонта; ω_N^{dr} — скорость дрейфа; B_E — смещение нуля; w — белый шум; g — ускорение свободного падения; B — смещение нуля акселерометра; R — радиус Земли; T — период дискретизации; A — среднеквадратичное отклонение случайного значения дрейфа гироскопа; β — средняя частота случайного изменения дрейфа гироскопа.

Для того чтобы компенсировать ошибки ИНС, необходимо сначала их оценить. Оценка ошибок ИНС проводится с помощью алгоритмов оценивания. Одним из наиболее распространённых алгоритмов оценивания, который используется для вычисления ошибок ИНС, является фильтр Калмана (ФК) [9, 10]. Для оценки ошибок ИНС с учётом нелинейных составляющих используют нелинейный фильтр Калмана (НФК). Однако модель ошибок ИНС, которая используется в НФК, может быть неадекватна реальному процессу изменения ошибок ИНС, особенно при совершении БЛА манёвров. Поэтому целесообразно использовать идентификацию модели ошибок ИНС в НФК.

При реализации низковысотных полётов БЛА для коррекции ИНС используют линейный ФК. Соответственно, в линейном ФК применяется линейная модель погрешностей ИНС. Часто применяемая модель одного горизонтального канала погрешностей ИНС имеет вид [8]

$$x_k = \Phi x_{k-1} + W_{k-1}; \quad (2)$$

$$x_k = \begin{bmatrix} \delta V_k \\ \varphi_k \\ \varepsilon_k \end{bmatrix}; \Phi = \begin{bmatrix} 1 & -gT & 0 \\ \frac{T}{R} & 1 & T \\ 0 & 0 & 1 - \beta T \end{bmatrix}; W_{k-1} = \begin{bmatrix} B \\ 0 \\ \omega_{k-1} \end{bmatrix},$$

где δV_k — ошибки ИНС в определении скорости; φ_k — углы отклонения ГСП от плоскости горизонта; ε_k — скорость дрейфа ГСП; W_{k-1} — дискретный аналог белого гауссового шума.

Результаты математического моделирования. Математическое моделирование проведено для двух рабочих контуров НК. Первый рабочий контур состоит из ИНС, СНС, АИС и НФК, а второй — из ИНС, РЛС и ФК. На рис. 2—4 представлены результаты моделирования в условиях высотного полёта (интервал $0—T_1$) и низковысотного полёта с момента времени T_1 .

На рис. 2 приведены результаты моделирования погрешностей ИНС и измерений СНС и РЛС. При реализации высотного полёта используется первый рабочий контур НК, а в условиях низковысотного полёта БЛА — второй рабочий контур НК.

На рис. 3 и 4 представлены результаты моделирования погрешностей ИНС и оценки этих погрешностей. Наиболее точная навигационная информация о параметрах БЛА определяется с помощью комплексирования ИНС, СНС и АИС.

Проведено моделирование погрешностей ИНС с различными алгоритмами коррекции. Результаты математического моделирования продемонстрировали работоспособность и высокую точность выбранных рабочих контуров НК. Анализ результатов математического моделирования показал, что разработанные алгоритмические решения позволяют повысить эффективность НК высокоточных БЛА. При реализации высотного полёта показали высокую точность ИНС, АИС, СНС и НФК. В условиях низковысотного полёта применяется НК в составе ИНС и РЛС с линейным ФК. Обычно использование АИС и СНС не представляется возможным из-за пассивных помех и возможных активных помех, обусловленных тем, что низковысотная фаза полёта БЛА осуществляется на территории противника. Результаты математического моделирования ИНС с РЛС подтвердили достаточно высокую точность маршрутной коррекции БЛА.

Выводы. Рассмотрены способы повышения точности навигационной информации

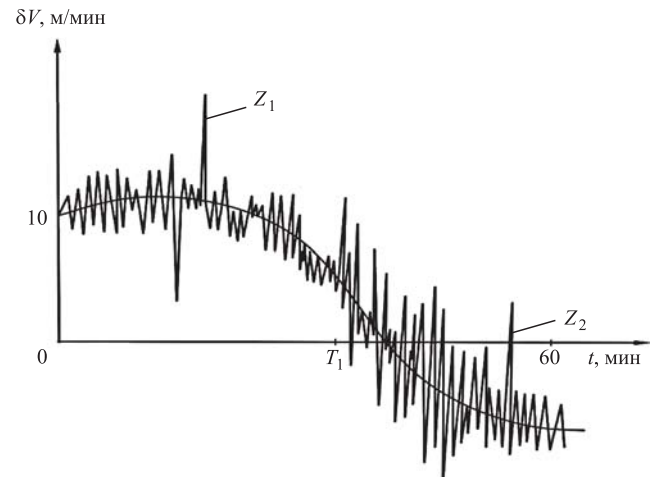


Рис. 2. Погрешности ИНС, СНС и РЛС

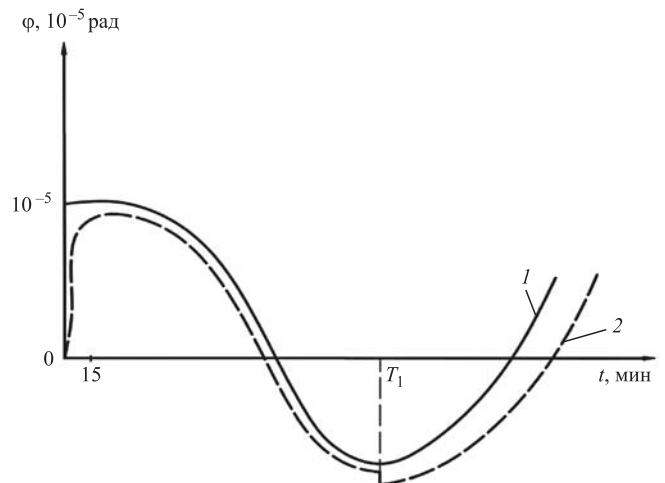


Рис. 3. Погрешность ИНС в определении угла отклонения ГСП и её оценка НФК и ФК

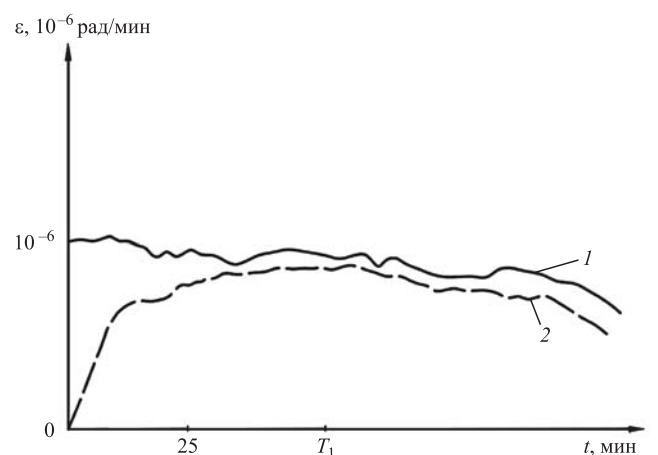


Рис. 4. Скорость дрейфа ГСП и её оценка НФК и ФК

БЛА алгоритмическим путём в условиях высотного и низковысотного полётов.

Представлены два рабочих контура НК. Компенсация погрешностей ИНС в НК осуществляется в выходном сигнале системы

с использованием сигналов внешних измерительных систем и адаптивных алгоритмов оценивания.

Наиболее точная навигационная информация о параметрах БЛА в условиях высотного полёта определяется с помощью комплексов ИНС, СНС, АИС и НФК. При осуществлении низковысотного полёта БЛА использован НК в составе ИНС, РЛС и линейного ФК.

Эффективность выбранных рабочих контуров НК продемонстрирована путём математического моделирования. Полученные результаты позволяют сделать обоснованный выбор структуры НК в конкретных технических приложениях.

Предложена структура НК, позволяющая изменять состав внешних навигационных систем априорно при изменении высоты полёта.

Библиографические ссылки

1. **Неусыпин К.А., Кэ Ф., Дзя Л.С.** Управление и наведение ракет, основанное на теории дифференциальной геометрии // Автоматизация и современные технологии. 2012. № 1. С. 16—20.
2. **Агеев В.М., Павлова Н.В.** Приборные комплексы летательных аппаратов и их проектирование. М.: Машиностроение, 1990. 375 с.
3. **Буй Ван Кыонг, Неусыпин К.А.** Алгоритмический способ повышения точности навигационных систем // Автоматизация и современные технологии. 2005. № 7. С. 11—15.
4. **Аванесов Г.А., Бессонов Р.В., Куркина А.Н., Людомирский М.Б., Каютин И.С., Ямщиков Н.Е.** Принципы построения астроинерциальных систем авиационного применения // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2013. Т. 10. № 2. С. 9—29.
5. **Proletarsky A.V., Neusyypin K.A.** Adaptive filtering for navigation systems of robot-aerocraft // Science and Military. 2010. Vol. 5. No. 1. P. 75—79.
6. **Neusyypin K.A., Shen Kai, Liu Rong Zhong.** Modification of nonlinear Kalman filter using self-organizing approaches and genetic algorithms // International Journal of Information Engineering. 2013. Vol. 03. P. 129—136.
7. **Джанджгава Г.И., Голиков В.П., Шкред В.К.** Алгоритмы обработки информации серийных самолетных платформенных инерциальных навигационных систем // Авиакосмическое приборостроение. 2008. № 11. С. 4—11.
8. **Неусыпин К.А., Шэнь Кай.** Модификация нелинейного фильтра Калмана с использованием генетического алгоритма // Автоматизация и современные технологии. 2014. № 5. С. 9—11.
9. **Шахтарин Б.И.** Нелинейная оптимальная фильтрация в примерах и задачах. М.: Горячая линия — Телеком, 2014. 344 с.
10. **Шахтарин Б.И., Шэнь Кай, Неусыпин К.А.** Модификация нелинейного фильтра Калмана в схеме коррекции навигационных систем летательных аппаратов // Радиотехника и электроника. 2016. Т. 61. № 11. С. 1065—1072.
11. **Августов Л.И.** и др. Навигация летательных аппаратов в околоземном пространстве / под ред. Г.И. Джанджгавы. М.: ООО «Научтехлитиздат», 2015. 529 с.
12. **Неусыпин К.А.** Концептуальный синтез интеллектуальных систем // Автоматизация и современные технологии. 2000. № 6. С. 23—27.
13. **Неусыпин К.А.** Направления развития интеллектуальных систем // Автоматизация и современные технологии. 2002. № 12. С. 12—15.
14. **Чыонг Ф.С.** Проектирование системы управления и навигационного комплекса беспилотных летательных аппаратов // Автоматизация и современные технологии. Т. 73. 2019. № 7. С. 323—329.
15. **Fang Ke, Proletarsky A., Neusyypin K.** Selection of Measured Signals in the Navigation Measuring Complex // Journal of Measurement Science and Instrumentation. 2011. Vol. 02. P. 346—348.
16. **Ke Fang, Neusyypin K.A.** Algorithms in intelligent control systems of aerocrafts. China, Chengdu: Sichuan university press, 2011. P. 162.
17. **Danhe Chen, Selezneva M., Neusyypin K., Zhongcheng Mu.** New algorithms for autonomous inertial navigation systems correction with precession angle sensors in aircrafts // Sensors. 2019. No. 19. DOI: 10.3390/s19225016.

Ссылка для цитирования

Чыонг Ф.С., Селезнева М.С., Неусыпин К.А. Разработка структуры навигационного комплекса высокоточного беспилотного летательного аппарата для полёта в атмосфере // Автоматизация. Современные технологии. 2020. Т. 74. № 8. С. 357—361. DOI: 10.36652/0869-4931-2020-74-8-357-361.

Уважаемые читатели!

Подписку можно оформить в любом почтовом отделении,
а также непосредственно на сайте издательства
ООО «Инновационное машиностроение».

УДК 621.0

В.А. Елисеев, д-р техн. наук, проф.

(Институт инновационно-технологического менеджмента, г. Москва)

dr.ye@mail.ru

ИННОВАЦИОННЫЕ ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ТРАНСФОРМАЦИЙ

Рассмотрены инновационные особенности современных общемировых технологических трансформаций. Изложено институциональное представление о технологических укладах. Отмечены роль фундаментальной науки и перспективы организации наукоёмкого производства в отечественных технологических трансформациях. Исследование опирается на общенаучный метод (постановка проблемы, информационно-аналитические обобщения, классификация и аналогии, анализ и синтез, индуктивно-дедуктивный подход).

Ключевые слова: технологические трансформации; инновационные особенности; технологические уклады; фундаментальная наука; организация наукоёмкого производства.

The innovative features of modern global technological transformations are considered. An institutional view of technological patterns is stated. The role of fundamental science and the prospects of the high-tech production organization in domestic technological transformations are noted. The study is based on a general scientific method (problem statement, information-analytical generalizations, classification and analogies, analysis and synthesis, inductive-deductive approach).

Keywords: technological transformations; innovative features; technological modes; fundamental science; organization of science intensive production.

Введение. Технологическая трансформация (ТТ) — масштабная и радикальная модернизация производственно-технологической базы и номенклатуры выпускаемой продукции мирового уровня. ТТ проявляются в смене технологических укладов (ТУ) — совокупности технологий, характерных для определённого уровня развития производства, его организации. При этом, благодаря научно-техническому прогрессу, низкие ТУ сменяются высокими. Результат ТТ в промышленно развитых странах выражен в общемировом процессе формирования нового ТУ с постиндустриальными технологиями и оборудованием, совершенствованием системы организации труда, заменой физического труда на более производительный — интеллектуальный. Экономический потенциал и обороноспособность государств всё больше зависят от темпов роста конкурентоспособности их наукоёмкой промышленности, поэтому государственная инновационная политика охватывает сферы науки, техники, экономики, предпринимательства и управления.

Глобальные трансформационные процессы создали условия для лидерства таких постиндустриальных стран, которые на базе новых результатов фундаментальной науки (при

её неполной инкорпорированности в экономико-предпринимательскую деятельность) способны создавать высокие технологии со сверхбольшими инвестициями в современное технологическое оснащение наукоёмкого производства, производить наукоёмкую продукцию (в структуре затрат которой на производство основная часть приходится на НИОКР) и оказывать услуги, обеспечивающие рост качества жизни.

Так как качественные технологические скачки происходят там, где есть фундаментальная наука, то высокоразвитые страны стремятся монополизировать фундаментальные исследования, даже прикладную науку и создание пилотных технологий, а само производство, как экологически грязное и менее прибыльное, передавать в Южную Корею и Юго-Восточную Азию [1]. Глобализация мировой экономики заключается в том, что при расширении масштабов роста наукоёмкого производства за счёт переноса транснациональными компаниями капиталом-, ресурсом- и трудоёмкого производства в развивающиеся страны сохраняется участие высокоразвитых стран в получении дивидендов от выпуска конечной продукции.

В России достижение креативной степени смычки «фундаментальная наука — науко-

ёмкое производство» и перспективы перехода к постиндустриальной экономике связаны не со статусом ресурсного донора (экспортёра сырья и продукции его первичной переработки), а с попыткой остаться среди государств, ориентирующихся на приоритетное развитие наукоёмких отраслей, т. е. с использованием своих конкурентных преимуществ: природных ресурсов, человеческого потенциала и отечественной фундаментальной науки. ТТ с ориентацией на страны-лидеры, но с акцентом на собственные достижения, имеют характерные особенности в преодолении проблем развития фундаментальной науки и организации наукоёмких производств/предприятий. Причём фундаментальные исследования и наукоёмкие производства развиваются не только в госсекторе (табл. 1).

Цель статьи — в рамках институционального представления о ТУ отобразить (по аналогии с западными) актуальные особенности отечественных ТТ, а именно, во-первых, превращение фундаментальной науки в основу инновационного развития и базис постиндустриального ТУ страны, и во-вторых, современную специфику оснащения наукоёмкого производства инфраструктурно-организационными средствами инновационно-технологического менеджмента.

Институциональное представление о ТУ. ТУ (аналог понятий «технический способ производства», «волна инноваций», «технико-экономическая парадигма») имеет 4 современных определения (табл. 2), не считая первоначального, принадлежащего Н.Д. Кондратьеву (основоположнику теории экономических циклов — «циклов Кондратьева», для которых свойственны конкретные уровни развития производства, фактически ТУ).

По Н.Д. Кондратьеву жизненный цикл ТУ имеет 2 части (волны), по С.Ю. Глазьеву — 3 фазы развития. В табл. 3 представлены основные показатели I—VI ТУ (хотя по показателям I и II уклады не относятся к современным ТТ, не характеризуются инновационностью инфраструктуры).

В своей деиндустриализации развитые страны перешли от IV к V ТУ (осуществив технологический сдвиг — смену ведущего ТУ) с формированием ядра VI (первого постиндустриального уклада), но продолжая модификацию продукции IV (для удержания за рубежом рыночных ниш, обеспечивающих платёжеспособный спрос) (пример США в табл. 4). При этом репрезентативной специфике V и VI ТУ характерна интегративная ориентация на фундаментальную науку, высокие технологии (как звено современной

Таблица 1

Классификация инновационных организаций Российской Федерации по секторам науки/деятельности [2]

Сектор	Содержание
Государственный (бесприбыльные организации с исследовательской деятельностью в сфере общественных и административных функций)	Организации министерств и ведомств, обеспечивающие управление и удовлетворение потребностей общества в целом (госуправление, оборона, общественный порядок; здравоохранение, культура, досуг, социальное обеспечение и т. п.), включая федеральные и местные органы. Бесприбыльные (некоммерческие) организации (в том числе РАН), полностью или в основном финансируемые и контролируемые правительством (за исключением организаций, относящихся к высшему образованию)
Предпринимательский	Все организации и предприятия, основная деятельность которых связана с производством продукции или услуг в целях продажи (в отличие от услуг сектора высшего образования), в том числе находящиеся в собственности государства. Частные неприбыльные (некоммерческие) организации, в основном обслуживающие названные организации
Высшее образование	Университеты и другие высшие учебные заведения независимо от источников финансирования или правового статуса, НИИ, экспериментальные станции, клиники, находящиеся под контролем вузов или управляемые ими, или ассоциированные с ними. Организации, непосредственно обслуживающие высшее образование (организации системы Минобрнауки России)
Частный неприбыльный (некоммерческий)	Частные организации, не ставящие целью получение прибыли (профессиональные общества, союзы, ассоциации, общественные, благотворительные организации, фонды), кроме фондов, более чем наполовину финансируемых государством, которые относятся к госсектору. Частные индивидуальные организации

Таблица 2

Определения ТУ

С.Ю. Глазьев [3]	Ю.В. Яковец [4]	К. Перес [5]	«Технопром» [6]
Целостное и устойчивое образование, в рамках которого осуществляется замкнутый цикл, начинающийся с добычи и получения первичных ресурсов и заканчивающийся выпуском набора конечных продуктов, соответствующих типу общественного потребления. Комплекс базисных совокупностей технологически сопряжённых производств образует <i>ядро</i> технологического уклада. Технологические нововведения, определяющие формирование ядра технологического уклада, называются <i>ключевым фактором</i> . Отрасли, интенсивно использующие ключевой фактор и играющие ведущую роль в распространении нового технологического уклада, являются несущими отраслями	Несколько взаимосвязанных и последовательно сменяющих друг друга поколений техники, эволюционно реализующих общий технологический принцип	Сфера производства и экономических отношений со всеми присущими ей явлениями (распределением доходов, технологиями, организационными и управленческими методами). <i>Примечание.</i> Ключевые факторы аналогичны [1]	Совокупность сопряжённых производств, имеющих единый технический уровень и развивающихся синхронно. Смену доминирующих в экономике ТУ предопределяет не только ход научно-технического прогресса, но и инерция мышления общества: новые технологии появляются значительно раньше их массового освоения

Таблица 3

Основные показатели I—VI ТУ [6, 7]

Уклад (годы)	Показатели ТУ				
	Основной ресурс	Главные/основные отрасли	Ключевой фактор	Достижение уклада	Гуманитарное преимущество
I	Энергия воды	Текстильная промышленность	Текстильные машины	Механизация фабричного производства	—
II	Энергия пара, уголь	Транспорт, чёрная металлургия	Паровой двигатель, паровые приводы станков	Рост масштабов производства, развитие транспорта	Постепенное освобождение человека от тяжёлого ручного труда
III (≈1880—1930 гг.)	Электрическая энергия	Тяжёлое машиностроение, электротехническая промышленность	Электродвигатель	Концентрация банковского и финансового капитала; появление радиосвязи, телеграфа; стандартизация производства	Повышение качества жизни
IV (≈1930—1970 гг.)	Энергия углеводородов, начало ядерной энергетики	Автомобилестроение, цветная металлургия, нефтепереработка, синтетические полимерные материалы	Двигатель внутреннего сгорания, нефтехимия	Массовое и серийное производство	Развитие связи, транснациональных отношений, рост производства продуктов народного потребления
V (≈1970—2010 гг.)	Атомная энергетика	Электронная техника и микроэлектроника, информационные технологии, геномная инженерия, программное обеспечение, телекоммуникации, освоение космического пространства	Микроэлектронные компоненты	Индивидуализация производства и потребления	Глобализация, скорость связи и перемещения
VI (прогноз) (≈2010—2060 гг.)	Не указан	Нано- и биотехнологии, наноэнергетика, молекулярная, клеточная и ядерная технологии, нанобиотехнологии, биомиметика, нанобионика, нанотроника, а также другие наноразмерные производства; новые медицина, бытовая техника, виды транспорта и коммуникаций; использование стволовых клеток, инженерия живых тканей и органов, восстановительная хирургия и медицина	Микроэлектронные компоненты	Индивидуализация производства и потребления, резкое снижение энергоёмкости и материалоемкости производства, конструирование материалов и организмов с заранее заданными свойствами	Существенное увеличение продолжительности жизни человека и животных

Таблица 4
Структура ТУ в промышленности России и США [8]

ТУ	Структура ТУ, %	
	России	США
I—III	35	15
IV	55	20
V	10	60
VI	—	5

научно-технической революции) и наукоёмкое производство.

Из-за деиндустриализации промышленного потенциала СССР и в соответствии с инсти-

туциональным представлением о ТУ в России ещё не полностью использованы потенциалы III и IV укладов, но одновременно созданы наукоёмкие производства V, совокупность которых способствует повышению качества продукции, снижению производственных затрат, обеспечению устойчивого потребительского спроса (табл. 5). При этом в инфраструктуре ТТ с практикой участия в производственно-технологической реализации ТУ различают макроуровень (госрегулирование), мезоуровень (управление инновационными проектами — промежуточный уровень) и микроуровень (инновационный менеджмент предприятия/организации с любой формой собственности) [9]. Кроме того, в регулировании инновационной

Таблица 5

Характеристика отечественного постиндустриального общества [19]

Направление	Содержание
Основа постиндустриального общества	Инновационная экономика, основанная на знаниях
Вхождение в «золотой миллиард»	Сосредоточенность на двух главных направлениях — повышение качества жизни и создание собственного научно-технологического комплекса, обеспечивающего технологическое лидерство. Оптимальная траектория — создание научно-технологического комплекса, ориентированного на повышение качества жизни
Новая научно-техническая политика, ориентированная на достижение технологического превосходства	В основе — консенсус между государством, обществом, бизнесом и наукой. Роль государства состоит в определении стратегии развития и основных контуров формируемой социально-экономической системы на основе общественных потребностей. Бизнес работает на интересы общества и является основным инвестором исследований и разработок. Законодательство строится так, что общество контролирует власть, а власть — бизнес. Выбор моделей развития определяется государством исходя из исторических условий, конкурентных преимуществ, социально-экономической и политической ситуации (проблема выбора приоритетов развития, включая приоритеты научных исследований и разработок, — ключевая)
Инновационная парадигма перспективного ТУ в постиндустриальном обществе	Принципиальное отличие ТУ от предшествующих укладов — отсутствие доминирующей технологии. Формирование новых технологий будет осуществляться на основе междисциплинарных фундаментальных научных исследований. Основу ТУ составят технологические сектора трёх типов: технологии, основанные на одном физическом принципе, но решающие разные задачи; технологии, решающие одну задачу на основе использования различных физических принципов; технологии, основанные на результатах междисциплинарных исследований
Основные научно-технологические факторы, обуславливающие глобальные изменения, являющиеся следствием научно-технического прогресса и политики перехода к постиндустриальному обществу на базе научно-технологического развития	Увеличение объёма доступных результатов фундаментальных исследований как прямого следствия развития информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) и процессов глобализации, а также расширение спектра проводимых исследований; создание качественно новых технологий, обеспечивающих жизнедеятельность человека, повышающих уровень жизни; подавляющее большинство новых технологий, в том числе ИКТ — результат исключительно человеческой деятельности, не встречающийся в природе; расширение номенклатуры продукции на базе новейших технологий и увеличение скорости её распространения; снижение уровня государственного и общественного контроля над создаваемыми технологиями и выпускаемой продукцией с формированием этим условий для создания и распространения технологий и продукции, которые обеспечивают высокую прибыль, но порождают потенциальные опасности, а в ряде случаев оказывают негативное влияние на развитие человека и общества
Изменение концепции повышения конкурентоспособности	Концепция конкурентоспособности с «погоней» за увеличением прибыли (из-за инвариантности финансовых показателей наукоёмких корпораций) не совпадает с интересами общества, является одним из основных тормозов инновационного процесса: на первое место выходит не рост производительности, а развитие человеческого потенциала. Экономический рост, технологическое развитие, повышение производительности и пр. становятся факторами, обеспечивающими повышение качества жизни

Направление	Содержание
Основные конкурентные преимущества, позволяющие в перспективе перейти к постиндустриальному обществу	Природные ресурсы; отдельные сектора наукоёмкой промышленности, ресурсная база, достаточный уровень образования (в краткосрочном периоде); создание новейших технологий на основе результатов фундаментальных научных исследований, создание на этой базе новых производств (в среднесрочном периоде); фундаментальная наука, как основной источник знаний (в долгосрочном периоде), которая в силу исторических особенностей всегда была составной частью государственной системы и направления её развития определялись государственными интересами
Модель организации взаимодействия основных производителей знаний, технологий и продукции	Бизнес (производство/услуги) ориентирован «на сегодняшний день», прикладная наука (технологии) — «на завтрашний» (т. е. «сегодня» создаются технологии, которые бизнес сможет использовать «завтра»), фундаментальная наука (знания) — «на послезавтрашний» («сегодня» будут получены те знания, на основе которых «завтра» будут созданы технологии, а «послезавтра» — новая продукция)
Изменение методологии научных исследований и разработки технологий	В основе методологии науки — процессы самоорганизации
Особенности сектора фундаментальных научных исследований	<ol style="list-style-type: none"> 1. Фундаментальные исследования проводятся академическими институтами, университетами, государственными научными центрами, национальными исследовательскими центрами, госкорпорациями, научными фондами. 2. Для каждой из перечисленных структур действует своя законодательная база, а законодательство в области фундаментальной науки представляет собой набор законов, мало связанных между собой. 3. Академический сектор науки раздроблен между РАН, ФАНО, Минобрнауки, Минкультуры и Минстроем России. 4. В отличие от мировой практики, органы государственной власти России претендуют на утверждение приоритетов и управление фундаментальными научными исследованиями

сферы действует принцип сочетания самоорганизации с государственным управлением: инновационная деятельность осуществляется в конкурентной среде и подчиняется действию закона «спрос—предложение»; но ключевые области контролирует государство (макроуровень), концентрируя ресурсы на общественно значимых направлениях, на социальную ориентацию и интеграцию страны в общемировые процессы. То есть цели, направления, формы деятельности органов государственной власти в области науки, техники и реализации их достижений определяются научно-технической политикой, которая является составной частью политики социально-экономической. В России законодательно поставлена задача сформировать национальную инновационную систему, повысить эффективность использования результатов научной и научно-технической деятельности [10], выработана стратегия научно-технологического развития с отражением соответствующих мировым приоритетам ключевых областей [11], а также установлены приоритетные направления развития науки-технологий-техники и перечень критических технологий, предполагающие социально ориентированные исследования и разработки,

прорывные технологии, экологические и оборонные НИОКТР [12] с системой мероприятий по их господдержке с формами бюджетного финансирования (в виде программно-целевой ориентации и множественности источников) и экономических льгот, утверждена госпрограмма «Научно-технологическое развитие Российской Федерации» (до 2030 г.) [13].

Инновационная инфраструктура государственного управления России, имеющая прямое отношение к трансформации роли фундаментальной науки (в инновационном развитии) и трансформациям в организации наукоёмкого производства, комплексна, многогранна и способствует следованию мировым тенденциям. Так, реализуя организационно-экономический механизм регулирования и управления, на трансформацию современных отечественных ТУ существенное влияние оказывает господдержка (в том числе на основе частно-государственного партнёрства) новых технологий в сочетании с инновационной деятельностью организаций/предприятий, участвующих в общественном производстве с учётом долгосрочной экономической политики, концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации,

национальных целей и стратегических задач развития. Эта поддержка касается проведения форсайт-исследований, научно-технических экспертиз, осуществления долгосрочного прогнозирования, определения доминант и детерминант развития (в основном в рамках национальных приоритетов и стратегий развития, национальных проектов и технологических инициатив, государственных и федеральных целевых программ, включая предусмотренный к финансированию из федерального бюджета перечень, программы фундаментальных научных исследований, программы мер поддержки перспективных отраслей, программы инновационного развития акционерных обществ с государственным участием, госкорпораций и федеральных унитарных госпредприятий; приоритетных направлений развития науки, технологий и техники Российской Федерации, критических технологий Российской Федерации, обеспечения функционирования технологических платформ; создания технологических долин и пр.) [14—18]. Очевидно, что для развития инновационной сферы, обеспечения возрастающей роли и значимости фундаментальной науки и наукоёмкого производства обозреваемые горизонты ТТ России не могут быть не связаны с интенсификацией привлечения эксплуатируемых, резервных и потенциальных ресурсов: административно-управленческих, экономических (как факторов производства), природных.

Фундаментальная наука в основе инновационного развития и базиса постиндустриального ТУ. К комплексной характеристике оте-

чественного постиндустриального общества (в части направлений, содержания и роли фундаментальной науки) относятся цели/приоритеты, инструменты государственной научно-технологической и инновационной политики, факторы, сдерживающие развитие. В России фундаментальные научные исследования проводятся академическими институтами, университетами, государственными научными центрами, национальными исследовательскими центрами, госкорпорациями и научными фондами. В современных ТТ эти исследования должны обеспечивать динамику повышения конкурентоспособности государства и устойчивость его развития. Главное в инновационном прорыве — отбор и реализация базисных инноваций, составляющих основу нового ТУ. Таблично-систематизированная форма в обобщённом виде даёт комплексную характеристику отечественного постиндустриального общества в части направлений, содержания и роли фундаментальной науки, отмечает цели/приоритеты и инструменты государственной научно-технологической и инновационной политики, представляет факторы, сдерживающие развитие фундаментальной науки (см. табл. 5—7).

Характеризуя отечественное постиндустриальное общество, можно отметить особенность сектора фундаментальных научных исследований: «в отличие от мировой практики, органы государственной власти претендуют на утверждение приоритетов и управление фундаментальными научными исследованиями» (см. табл. 3). Однако прецедентное противоречие в том, что западные академические сообщества

Таблица 6

Цели/приоритеты и инструменты государственной научно-технологической и инновационной политики [19]

Политика	Цель (приоритеты)	Инструменты
Научная	Производство научных знаний	Конкурсные гранты, государственные институты, налоговые льготы фирмам, защита интеллектуальной собственности
Технологическая	Развитие отраслевых технологических направлений	Госзакупки, субсидии, кооперация, стандарты, прогнозирование, кадры
Инновационная	Повышение уровня и результатов инновационной активности	Конкурентная политика, корпоративное законодательство, региональные и отраслевые кластеры, защита потребителей, экологическое регулирование, форсайт; национальная инновационная система
Инновационного развития	Развитие человеческого потенциала	Консенсус общества, власти, бизнеса и науки; конкурентная борьба за ресурсы; социально-ориентированное научно-технологическое прогнозирование; синергетическая методология развития науки; инновационная система образования; планирование и экология технологий; программы модернизации научно-технологического комплекса и реального сектора экономики; программы повышения качества жизни

Таблица 7

Факторы, сдерживающие развитие фундаментальных исследований [20]

№ п/п	Факторы
1	Снижение объёмов государственного финансирования науки в целом (при отсутствии увеличения из негосударственных источников — см. п. 5)
2	Акцент не на фундаментальные исследования, а на прикладные (источником экономического роста всё в большей степени становятся нематериальные активы, что приводит к обособлению сектора прикладных исследований, особую роль приобретает сфера отраслевых технологий)
3	Падение численности молодых учёных, отсутствие их всесторонней поддержки со стороны государства
4	Снижение уровня образования населения в целом, что приводит к снижению возможностей для осуществления научной деятельности (при формальном росте количества образовательных учреждений)
5	Слабый интерес и недостаточно активное участие бизнеса в сфере научных исследований и разработок (в основном это касается именно сектора фундаментальных исследований, что проявляется в снижении показателей финансирования науки за счёт частных источников)
6	Устаревшие основные фонды науки (из-за падения уровня наукоёмкого машиностроения ослабла возможность создания необходимого научного оборудования)
7	Проблемы с оценкой результативности фундаментальных исследований и коммерциализации научно-технической продукции

(реализуя принципы единства науки, технологии и производства) не имеют государственного статуса, а догоняющей (страны-лидеры в ТТ) стороной является наша. Поэтому из-за отсутствия организационно-западной аналогии (т. е. универсальной модели системы взаимоотношений «наука—технологии») возникает вопрос о способе/форме сближения фундаментальной науки с наукоёмким производством в реалиях отечественных ТТ, а значит, о современной и перспективной роли/месте РАН в системе «фундаментальная наука — наукоёмкое производство». Так как для перехода к постиндустриальному обществу РАН представляется своевременным сформулировать ориентированные на достижение технологического лидерства «Доктрину развития фундаментальной науки» и «Стратегию развития научно-технологического комплекса» [19], то, наверное, уже в этих рамках паллиатив найдёт разрешение, соответствующее институциональным вызовам по превращению фундаментальной науки в основу инновационного развития и базис постиндустриального ТУ страны, продемонстрировав трансформацию парадигмы управления ею. В любом случае масштабы и уровень научного потенциала характеризуются такими количественными и качественными показателями и достижениями, как объём и структура затрат, их доля в ВВП, численность занятых и зарплаты учёных, оснащённость труда основными фондами, информационное обеспечение, количество открытий, изобретений, пуб-

ликаций в ведущих журналах, защищённых диссертаций, новых учебных курсов.

Перспективы развития академической науки в Российской Федерации предусматриваются находящейся на согласовании Программой (точнее, её проектом) фундаментальных научных исследований на долгосрочный период (2021—2035 гг.) [21, 22], в которой предусмотрена корреляция с национальным проектом «Наука» [23, 24], направленно включая РАН в инновационное развитие современных ТТ. Так, Программа (её мероприятия) кроме фундаментальных научных исследований, инициативных исследований, ресурсного, материально-технического и информационного обеспечения:

охватит ориентированные фундаментальные исследования по направлениям стратегии научно-технологического развития страны;

станет самостоятельным разделом Программы научно-технологического развития страны для получения новых фундаментальных знаний в интересах социально-экономического, научно-технологического развития и национальной безопасности;

предусмотрит связь науки, образования и промышленности, единство научного комплекса, создание задела для научно-технологического прорыва по приоритетным направлениям развития науки—технологий—техники.

Одновременно с этим «традиционалисты» привычный культ истинности и адекватности идеалов познавательной деятельности сопоставляют с проявившейся тенденцией «при-

кладнизации» статуса фундаментальных исследований, погружения их в «технологический дискурс» и «сцепления» с ним, движения к коммерциализации и косвенному превращению науки в товар. В то же время разработка новой Программы осуществлялась с учётом предыдущего опыта реализации программ фундаментальных научных исследований, а именно, программные мероприятия сформированы на основе единой системы приоритетов (в качестве базы использованы приоритеты предыдущих исследований); исследования выполняются различными структурами в соответствии с действующей нормативно-правовой базой; оценка научной значимости результатов осуществляется по показателям в рамках единой (для всех участников Программы) системы; управление Программой осуществляет Научный совет, в состав которого входят представители организаций-участниц и органов государственного управления.

Для установления прямой связи фундаментальной науки с наукоёмким производством и повышения эффективности их взаимодействия на современном этапе ТТ России другая исторически сложившаяся отечественная традиция государственного (не частного) финансирования возводит его объём и затраты на исследования-разработки в определяющий критерий ожидаемой результативности Программы. То есть в то время, как в финансировании прикладных исследований применяются госзаказы и доленое государственное финансирование, фундаментальная наука финансируется в основном из бюджета (кроме прямого бюджетного, оно складывается из средств на реализацию Стратегии научно-технологического развития страны и из средств государственных научных фондов, все средства выделяются после соответствующей государственной экспертизы и используются в соответствии с утверждённой сметой). Хотя наряду с бюджетными средствами финансирования фундаментальных исследований не исключаются, во-первых, использование на конкурсной основе представляемых научным коллективам и отдельным учёным грантов/субсидий, а во-вторых, финансирование внедренческих работ в форме госзаказов и льготных кредитов.

Специфика оснащения наукоёмкого производства инфраструктурно-организационными средствами инновационно-технологического менеджмента. Так как наукоёмкость — показатель степени связи технологии с НИОКТР, то наукоёмкие технологии/производства —

основной сегмент, реализующий отраслевые инновации и подразумевающий инвестиции в науку. Особенность наукоёмких производств — высокая динамика основных показателей и стабильность. В структуре ВВП большинства стран мира, несмотря на опережающие темпы роста сектора услуг, промышленное производство занимает доминирующее положение, а основной прирост наукоёмких продукции и технологий происходит за счёт освоения направлений V и VI ТУ. В промышленно развитых странах наукоёмкие производства функционируют практически во всех отраслях производства.

В нашей стране наукоёмкими считались производства, в которых на НИОКТР приходилось $\geq 60\%$ затрат на подготовку и выпуск продукции (самолёто- и судостроение, ракетно-космические системы, радиоэлектронная аппаратура, аппаратные и программные средства вычислительной техники, ядерные реакторы, научное приборостроение и т. п.), однако современные ТУ диктуют другие императивы организационного развития инновационной инфраструктуры производства (табл. 8).

Основные параметры, характеризующие технический потенциал страны, — объёмы производства и применения прогрессивной техники, уровень механизации/автоматизации, электрификации, химизации, сроки внедрения научно-технических достижений и пр. В табл. 9 представлена классификация методов организации наукоёмкого производства (на примере отечественного машиностроительного предприятия, в том числе, когда реинжиниринг обусловлен необходимостью внедрения принципиально новой модели производства/бизнеса).

Поскольку при воплощении императива единства науки и производства в современной инфраструктуре ТТ решающая роль в организации наукоёмкого производства принадлежит высоким промышленным технологиям (подразумевающим инвестиции одновременно в науку и технологии производства), то актуализируются проблемы обеспечения объёмов и баланса финансирования. В отличие от стартапов финансирование действующих наукоёмких производств (например, связанных с оборонной промышленностью) может быть не частично, а полностью бюджетным.

Поскольку современные отрасли/направления наукоёмкого производства находятся в русле V и VI ТУ и опираются на фундаментальные исследования, то ведутся поиски

Таблица 8

Референция наукоёмких производств и их инновационных особенностей [2, 25—30]

Направление	Содержание
Характерные особенности наукоёмких отраслей/направлений	Преобладающее, ключевое значение имеют наукоёмкие технологии (как основной сегмент, реализующий инновации с помощью НИОКТР); темпы роста в 3...4 раза превышают темпы роста других отраслей хозяйства; большая доля добавленной стоимости в конечной продукции; повышенная заработная плата работающих; крупные объёмы экспорта; высокий инновационный потенциал. Наиболее наукоёмкая отрасль производства в настоящее время — машиностроение (электро- и электронная техника) и химическая промышленность
Быстроразвивающиеся отрасли/направления	Телекоммуникации, исследования космоса, автоматизированные системы диспетчерского управления, нанотехнологии, медицинские оборудование и технологии
Возможности развитых наукоёмких отраслей/направлений	Снижение энерго-, ресурс-, металлоёмкости и пр.; создание и применение новых материалов и экологически чистых производств; устойчивость социальной ориентации общества, опережающее развитие образования, науки, культуры, здравоохранения и т. д.; поддержание обороноспособности государства (эффективность которой определяется достижениями науки и техники); опережающее развитие страны, обеспечивающее место среди интеллектуальных мировых лидеров (в условиях усиления процессов глобализации мировой экономики)
Страны-лидеры среди наукоёмких отраслей/направлений	США — сфера услуг с широким использованием информационных технологий (≈20 % общих расходов на НИОКТР), авиаракетно-космическая промышленность (12 %), автомобилестроение (11 %); ЕС — электротехника (15 %), автомобилестроение (13 %), услуги (11 %); Япония — электронная техника (18,5 %), электротехника, автомобилестроение
Направления деятельности наиболее наукоёмких западных компаний	Фармацевтическая промышленность, производство средств связи и услуг, разработка программного обеспечения, автомобилестроение
Основные качественные признаки наукоёмких производств	Производство наукоёмкой продукции, имеющей в своей основе долгосрочные конкурентные преимущества; высокий организационно-технологический уровень производственного процесса; наличие значительного кадрового потенциала высококвалифицированного научного, инженерно-технического и производственного персонала, способного создавать конкурентную на мировом рынке продукцию, удерживать лидерство в развитии необходимых для этого научных направлений и технологий, обеспечивать своевременное внедрение результатов законченных НИОКТР в производство; «агрессивная» маркетинговая политика, обусловленная современной спецификой финансового (кредитного) обеспечения производства; выстраивание стратегии и тактики хозяйственной деятельности с учётом высокой степени неопределённости процесса управления современными разработками (по которым при принятии решений используются прогнозные оценки технологий будущего)
Основная специфика наукоёмких производств	Комплексный характер производства, позволяющий решать все проблемы создания техники до серийного производства и эксплуатации; большой объём НИОКТР, выполнение экспериментальных образцов продукции, их доводка в течение производства из-за конструктивных изменений и модификаций; значительная продолжительность жизненного цикла продукции, что усложняет управление производством из-за запаздывания во времени эффекта управляющих воздействий и повышает ответственность за выбор стратегии решения; политематика исследований и разработок, диверсифицированность и многосистемность производства; создание качественно новой продукции, как правило, осуществляется параллельно с разработкой основной продукции; наличие уникальных коллективов с большой долей учёных, высококвалифицированных инженерно-технических работников и производственно-промышленного персонала
Требования к производству	Стратегия развития предприятия должна выступать не только в качестве инструмента обоснования, выработки и реализации долгосрочных целей и задач производственного, научно-технического, экономического, организационного и социального характера, но одновременно и как средство коммуникации инновационного предприятия с внешней рыночной средой; для обеспечения гибкости производства необходимо современное интегрированное информационное обеспечение, поддерживающее не только весь цикл изготовления продукции, но и гарантирующее логистическую поддержку всего жизненного цикла наукоёмкого изделия; в составе информационного обеспечения необходимо иметь современные базы знаний новых технологий, материалов, оборудования; технологические комплексы должны соответствовать передовым технологиям и иметь возможность быстрой переналадки; обеспечение функций разных типов производств; обеспечение выпуска разнородной продукции электронного, электромеханического, механического и специального приборостроения, специальных изделий и установок; наличие элементов «быстрого реагирования» на этапах

Окончание табл. 8

Направление	Содержание
	НИОКТР и стабильного поддержания параметров серийного производства; обеспечение сочетания всех стратегий поддержки отношений с потребителями наукоёмкой продукции (удержание, расширение, внедрение, диверсификация); наличие государственного стимулирования и поддержки (законодательной, финансовой и налоговой); наличие научных школ, коллективов конструкторов и технологов, способных создавать уникальную и конкурентную на мировом рынке продукцию; активная и эффективная инвестиционная и инновационная деятельность; высокие удельные затраты на НИОКТР; мобильность производства; возможность интеграции с передовыми зарубежными производителями; соответствие V или VI ТУ
Формы и методы организации производства (на примере отечественного машиностроения)	Блочно-модульная форма; гибкое точечное производство, гибкие предметная и поточная формы; синхронизированное производство
Особенности в организации производства (на примере отечественного машиностроения)	<i>Отличительные особенности:</i> сложная схема межцеховой кооперации; высокий уровень материалоёмкости и энергоёмкости; низкий уровень коэффициента использования материалов; большой объём конструктивных доработок; высокая трудоёмкость изготовления специальной оснастки; различный уровень возможностей автоматизации операций; большое число и разнообразие технологических и контрольных операций; наличие вредных для здоровья и опасных техпроцессов; применение методов разрушающего контроля; высокие требования к квалификации основных производственных рабочих; широкая номенклатура применяемого оборудования и оснастки; большая потребность в производственных площадях, высокие требования к помещениям.
	<i>Специфические особенности:</i> комплексный характер производственной деятельности, позволяющий решать проблемы создания техники от НИОКТР до серийного производства и эксплуатации; большой объём НИОКТР, изготовление экспериментальных образцов продукции, их доводка в течение производства из-за конструктивных изменений и модификаций; значительная продолжительность жизненного цикла продукции, что усложняет управление производством из-за запаздывания управляющих воздействий и повышает ответственность за выбор стратегии развития; сочетание целевой направленности исследований, разработок и производства на конкретный результат с перспективными направлениями работ общесистемного, фундаментального назначения; высокий научно-технический уровень продукции, не имеющей зарубежных аналогов или не уступающей им; доминирование процесса изменения технологии над стационарным производством и связанная с этим необходимость регулярного обновления основных производственных фондов, развития опытно-экспериментальной базы; политемность исследований и разработок, диверсифицированность и многономенклатурность производства; высокая динамичность развития производства, проявляющаяся в постоянном обновлении её элементов (объектов исследований, разработки и производства, технологий, схемных и конструктивных решений, информационных потоков и т. д.), в изменении количественных и качественных показателей; совершенствование научно-производственной структуры и управления; создание качественно новой продукции, как правило, осуществляющееся параллельно с разработкой её компонентов (схемных и конструкторских решений, физических принципов, технологий и т. п.); наличие уникальных коллективов с большой долей учёных, высококвалифицированных инженерно-технических работников и производственного персонала
Подходы к выстраиванию организационных структур	Органический подход; дивизиональная структура; матричная структура (с использованием, во-первых, полуавтономных групп или целевых коллективов, во-вторых, методов дисциплинарной, программной или продуктовой ориентации, а также их сочетаний); многоуровневая иерархическая структура
Источники финансирования стартапов России в сфере наукоёмких производств	Грантодатель, венчурные фонд и финансирование, бизнес-акселератор, бизнес-ангел, краудфандинг
Организационно-правовые формы отечественных субъектов инновационного предпринимательства	Холдинг-компании, финансово-промышленные группы, транснациональные корпорации, крупные корпорации, центры науки и высоких технологий, инновационно-промышленные комплексы, технопарки, инновационно-технологические центры (аналог технопарка); центры продвижений технологий; венчурные фирмы; внедренческие фирмы; малые инновационные предприятия

Таблица 9

Классификация методов организации наукоёмкого производства машиностроительного предприятия [2]

Методы организации отечественных производственных процессов	Единичное	Мелко-серийное	Средне-серийное
1.1. Формирование интегрированной организационно-производственной структуры	1	1	2
1.2. Метод согласования целей	2	1	1
1.3. Разработка интегрированного плана производства	2	1	1
2.1. Методы встроенного качества	2	2	1
2.2. Инжиниринг (метод непрерывного улучшения процессов)	3	2	1
2.3. Реинжиниринг бизнес-процессов	1	2	2
3.1. Система быстрой переналадки SMED	2	1	1
3.2. Агрегатно-модульный метод построения производственных процессов	1	2	2
3.3. Стандартизация оснастки	2	2	1
4.1. Модульное проектирование изделий	2	2	1
4.2. Метод сетевого планирования	2	1	1
5.1. Создание единого информационного пространства	2	2	1
5.2. Стандартизация предоставления информации	2	1	1
5.3. Система внутрипроизводственных экономических отношений	1	2	2
6.1. Ротация кадров	2	1	1
6.2. Обучение на рабочем месте	2	2	1
6.3. Обучение вне рабочего места	2	1	1
6.4. Групповая форма работы	1	1	2

Примечание: 1 — пригоден; 2 — ограниченно пригоден; 3 — не пригоден

механизмов взаимодействия в симбиозе «наука—технологии», в том числе моделирование на современном уровне. Как уже отмечалось, имеется два диаметрально противоположных суждения о роли современной науки в наукоёмком производстве: 1) она «становится товаром, коммерциализуется, ... начинает всё больше служить власти, ... фундаментальное знание потеряло свою самооценку, ... истина, как идеал научного знания, замещается критерием эффективности и практической пользы», экономической выгоды, а финансирование фундаментальной науки осуществляется по остаточному принципу; 2) «даже если фундаментальная наука является непосредственным источником технологических новаций..., сама по себе она не становится товаром; учёными... движет любознательность, а не мысли о пользе и доходах» [31]. Отдельные результаты моделирования отечественной организации наукоёмкого производства больше свидетельствуют об оригинальности и специфике подходов, чем об их универсальности (см. напр. [32—35]).

В любом случае для определения объёма производства, реализующего максимальные объём продаж и прибыль при высокой рентабельности, организация/предприятие традиционно разрабатывает план производства и реализации продукции (производственную программу). Но при этом в обеспечивающем развитии инновационной инфраструктуры и управлении инновациями показатели производственной программы, производственные мощности (исходный пункт планирования производственной программы), принятые методы, стандарты планирования и управления производством, а также перепроектирование производственных процессов (микроуровень [9]) базируются на применении в современной производственно-технологической практике совершенствуемых средств и приёмов инновационно-технологического менеджмента (включая организационное проектирование производства), миссия которых многоаспектна и многогранна. К этой миссии относятся:

выбор стратегических приоритетов, процессное управление, планирование ресурсов с использованием ERP (Enterprise Resource Planning — планирование ресурсов предприятия);

программный пакет, реализующий организационную стратегию интеграции производства и операций, финансового менеджмента, управления трудовыми ресурсами и активами) и MRP (Material Requirements Planning — система планирования потребностей в материалах), маркетинговое управление, бенчмаркинг, инжиниринг и инжиниринговые услуги — инновационный инжиниринг, в том числе организационный и когнитивный, технологический, стоимостный, инжиниринг качества (QE) с сертификацией ISO (International Organization for Standardization — Международная организация по стандартизации), консультативный, общий, финансовый, строительный, с внедрением программного обеспечения как оптимизация с ростом показателей ≤ 50 %, реинжиниринг (развития и кризисный, организационный и когнитивный, обратный реинжиниринг и прямой инжиниринг, с сертификацией ISO) с ростом показателей $> 100...500$ %, брендинг (бренд-стратегия), функционально-стоимостный анализ (ФСА) — исследование баланса между себестоимостью и полезностью, структурирование/развёртывание функции качества (метод QFD), анализ и выявление наиболее «критических» операций (метод FMEA) производственных процессов (в управлении качеством продукции), ценовое управление, быстрый анализ (FAST-подход), франчайзинг (франшиза), фронтинг (фронтирование рынка), мэрджер.

Следует отметить, что ERP — организационная стратегия интеграции производства и операций, управления трудовыми ресурсами, финансового менеджмента и управления активами, ориентированная на непрерывную балансировку и оптимизацию ресурсов организации/предприятия посредством специализированного интегрированного пакета прикладного программного обеспечения, который обеспечивает общую модель данных и процессов для всех сфер деятельности. А MRP — одна из наиболее популярных в мире логистических концепций, на основе которой разработаны и функционируют микрологистические системы, но развитие ERP привело к тому, что программные продукты класса MRP нивелируются.

Инжиниринг (инжиниринг инноваций, технологический инжиниринг — вид инжиниринговых услуг в отличие от консультатив-

ного, общего, финансового и строительного) проводится без остановки производства и без кардинальных изменений, может сосредоточиваться на одном подразделении или операции технологического процесса; финансирование — за счёт собственных средств, основные участники и клиенты проекта — сотрудники организации/предприятия. Модернизируемые технологии средствами инжиниринга направлены на инновационное преобразование организации/предприятия, усовершенствование и рационализацию производства: ускорение процесса технологической подготовки производства; снижение себестоимости выпускаемой продукции; обеспечение соответствия ГОСТ; унификацию, агрегирование и типизацию (в том числе процессного управления); использование последних достижений CALS-технологий (Continuous Acquisition and Life cycle Support — технологии информационной поддержки поставок и жизненного цикла изделий); автоматизацию в соответствии со стандартами ERP и MRP.

Проектирование организационного инжиниринга/реинжиниринга в общем виде требует, во-первых, разработки, моделирования, оценки и выбора варианта/вариантов оргмодели по заданным критериям, во-вторых, мозгового штурма, экспертных оценок, системной аналитики и привлечения внешних консультантов. При этом кроме инструментария BPR (Business process reengineering — реинжиниринг бизнес-процессов) могут привлекаться SADT-моделирование (Structured Analysis and Design Technique — методология структурного анализа и проектирования), поиск и использование аналогов, динамическое моделирование распределения ресурсов, проведение ФСА, моделирование финансово-экономических параметров и пр.

Моделирование технологических процессов основано на IDEF (I-cam Definition или Integrated Definition — комплексное определение) — методологии семейства ICAM (Integrated Computer — Aided Manufacturing, — интегрированное автоматизированное производство), предназначенной для моделирования сложных систем, отображения и анализа деятельности в разных разрезах. Стандарты IDEF связаны с системой CASE (Computer-Aided Software Engineering — автоматизированная программная инженерия) — инструментов и методов для проектирования программ, обеспечивающих их качество, отсутствие ошибок и простоту в обслуживании программных продуктов;

методов и средств проектирования информационных систем; технологии, поддержанной комплексом средств автоматизации и представляющей совокупность методологий анализа, проектирования, разработки и сопровождения систем программного обеспечения. Система CASE предназначена для моделирования и анализа деятельности организаций/предприятий с возможностями оптимизации (в том числе реинжиниринга технологических процедур).

Что касается серии стандартов ISO (ISO 9000 «Менеджмент качества» — управленческие практики на производстве, которые нужны для обеспечения надлежащего качества продукции; отечественный аналог — ГОСТ Р ИСО 9000 «Системы менеджмента качества»), то он включает «взаимодополняющую совместимую группу» с ISO 9001 (стандарт, на базе которого в организации/предприятии создаётся Система менеджмента качества; представляет требования по первоначальному созданию системы с последующим проведением её сертификации; отечественный аналог — ГОСТ Р ИСО 9001). Как основа дальнейшего инновационного развития внедрённой системы, ISO 9004 «Менеджмент качества. Качество в организации. Руководство по достижению устойчивого успеха» сконцентрирован на удовлетворении потребностей и ожиданий заинтересованных сторон в организации и улучшении управления: реинжиниринга (проекты прорыва, ведущие к пересмотру и улучшению процессов или ко внедрению новых), деятельности по улучшению существующих производственных процессов на основе BSC (Balanced Scorecard или ССП — сбалансированная система показателей).

Заключение. Инновационные особенности современных ТТ имеют глобальный характер и связаны с общемировым институциональным представлением о ТУ как уровне системы «наука—производство», который характерен превращением фундаментальной науки в основу инновационного развития и базис постиндустриального ТУ, а современная специфика оснащения наукоёмкого производства определяется модернизируемыми инфраструктурно-организационными средствами инновационно-технологического менеджмента.

Инновационная инфраструктура государственного управления России, имеющая прямое отношение к трансформации роли фундаментальной науки (в инновационном развитии) и трансформациям в организации

наукоёмкого производства, комплексна, многогранна и способствует следованию мировым тенденциям. Для развития инновационной сферы, обеспечения возрастающей роли и значимости фундаментальной науки и наукоёмкого производства обозримые горизонты отечественных ТТ связаны с необходимостью остаться среди стран, ориентирующихся на приоритетное развитие наукоёмких отраслей, т. е. с активизацией использования своих конкурентных преимуществ: научно-производственного потенциала и отечественной фундаментальной науки с параллельной интенсификацией привлечения эксплуатируемых, резервных и потенциальных ресурсов: административно-управленческих, экономических (как факторов производства), природных.

К комплексной характеристике отечественного постиндустриального общества (в части направлений, содержания и роли фундаментальной науки) относятся цели/приоритеты, инструменты государственной научно-технологической и инновационной политики, факторы, сдерживающие развитие. В частности, при неполной инкорпорированности в экономико-предпринимательскую деятельность и наличии объективных причин, оказывающих сдерживающее влияние на отечественное развитие академической науки, разрабатывается Программа фундаментальных научных исследований на долгосрочный период (2021—2035 гг.), которая в рамках национального проекта «Наука» будет скоординирована на уровне государственного управления. Для установления прямой связи фундаментальной науки с наукоёмким производством и повышения результативности их взаимодействия на современном этапе ТТ России исторически сложившаяся отечественная традиция государственного (не частного) финансирования возводит объём финансирования программы (затраты на исследования и разработки) в определяющий критерий её ожидаемой результативности.

В структуре организации наукоёмкого производства состояние и перспективы отечественной промышленной индустрии определяются уровнем и совокупностью приходящихся на НИОКТР (основная часть) затрат. Кроме того, как показывает референция наукоёмких производств и их организации, современные ТУ диктуют такие императивы как новые качественные признаки, особенности наукоёмких производств, подходы к выстраиванию организационных структур, формы и методы организации производства, организационно-

правовые формы субъектов инновационной деятельности. В обеспечивающем развитии инновационной инфраструктуры и управлении инновациями показатели производственной программы, производственные мощности, принятые методы, стандарты планирования и управления производством, а также перепроектирование производственных процессов базируются на применении в производственно-технологической практике постоянно совершенствуемых средств и приёмов инновационно-технологического менеджмента (включая организационное проектирование производства, инжиниринг и реинжиниринг, международную систему стандартизации).

Многообразие инновационных российских организаций/предприятий в соответствующих секторах науки/деятельности и их отношение к показателям III—VI ТУ отражают состояние отечественного постиндустриального общества. При установлении целей/приоритетов и инструментов государственной инновационной научно-технологической политики инфраструктура государственного управления Российской Федерации, прямо влияя на трансформацию миссии фундаментальной науки и организации наукоёмкого производства, способствует следованию мировым тенденциям, тренду креативного развития стран-лидеров.

Библиографические ссылки

1. **Федосов Е.А.** Наукоёмкие технологии. Национальная технологическая база. Записки академика [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://tech.wikireading.ru/6124> (дата обращения: 12.03.2020).
2. **Пураев А.С.** Организация наукоёмкого производства: уч.-метод. пособие. Набережные Челны: НЧИ КФУ, 2019. 49 с. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://aidarp.ru/документы/УМК/Пураев%20А.С._УМП_Организация%20наукоёмкого%20производства_№1203.pdf (дата обращения: 12.03.2020).
3. **Глазьев С.Ю.** Теория долгосрочного технико-экономического развития. М.: Владар, 1993. 310 с. ISBN 5-86209-003-7.
4. **Гуриева Л.К.** Концепция технологических укладов // Инновации: журнал. 2004. № 10. С. 70—75.
5. **Меньшиков С.М., Клименко Л.А.** Длинные волны в экономике. Когда общество меняет кожу. 2-е изд. М.: ЛЕНАНД, 2014. 288 с. ISBN 978-5-9710-0728-9.
6. **Международный форум технологического развития «ТЕХНОПРОМ-2013»** [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://forumtechnoprom.com/page/154> (дата обращения: 12.03.2020).
7. **Шесть** технологических укладов (интересные факты) [Электронный ресурс]. Режим доступа: general-skokov.livejournal.com24586.html (дата обращения: 12.03.2020).
8. **Романова О.А., Сиротин Д.В.** Новый технологический облик базовых отраслей промышленных регионов РФ // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2015. Вып. 5 (41). С. 27—43.
9. **Белоусов В.Л., Березин В.В., Елисеев А.В., Елисеев В.А., Олейников Е.А.** и др. Инновационный менеджмент: уч. пособие. М.: ФГУ «НИИ РИНКЦЭ», 2004. 288 с.
10. **Федеральный закон** от 23 августа 1996 г. № 127-ФЗ «О науке и государственной научно-технологической политике» (с изм. и доп.) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://base.garant.ru/135919/> (дата обращения: 12.03.2020).
11. **Указ** Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 г. № 642 «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://base.garant.ru/71551998/> (дата обращения: 12.03.2020).
12. **Указ** Президента Российской Федерации от 7 июля 2011 г. № 899 «Об утверждении приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в Российской Федерации и перечня критических технологий Российской Федерации» (с изменениями и дополнениями) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://base.garant.ru/55171684/> (дата обращения: 12.03.2020).
13. **Постановление** Правительства Российской Федерации от 29 марта 2019 г. № 377 «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Научно-технологическое развитие Российской Федерации» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/72116664/> (дата обращения: 12.03.2020).
14. **Елисеев В.А., Сажин В.А.** Методологические аспекты управления форсайт-исследованиями инновационного развития // Автоматизация. Современные технологии. 2019. Т. 73. № 3. С. 128—134.
15. **Елисеев В.А., Сажин В.А.** Экспертиза в форсайт-исследованиях инновационного развития // Автоматизация. Современные технологии. 2019. Т. 73. № 9. С. 421—431.
16. **Елисеев В.А.** Доминанты прогнозирования научно-технологического развития // Автоматизация. Современные технологии. 2019. Т. 73. № 10. С. 461—466.
17. **Елисеев В.А.** Научно-технологические детерминанты стратегии инновационного развития // Интерактивная наука. 2019. № 10 (44). С. 8—23.
18. **Елисеев В.А., Дегтярёв Ю.И.** Функциональная вариативность технологических платформ в инновационной инфраструктуре // Интерактивная наука. 2019. № 11 (45). С. 31—45.
19. **Иванов В.В.** Фундаментальная наука как основа инновационного развития государства / Доклад заместителя Президента РАН на заседании рабочей группы Совета при Президенте по образованию и науке, 2014 [Электронный ресурс]. Режим доступа: ras.ru/FStorage/Download.aspx?id=5d9cffff-d904 (дата обращения: 12.03.2020).

20. **Чернова О.О., Батова Т.Н.** Сдерживающие факторы на пути развития фундаментальных и прикладных исследований в России // *Фундаментальные исследования*. 2015. № 6-1. С. 203—206.

21. **Программа** исследований на долгосрочный период [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.sbras.ru/files/news/docs/sofeshch_ran_14_06_2018.pdf (дата обращения: 12.03.2020).

22. **Программа** фундаментальных научных исследований в Российской Федерации на долгосрочный период (проект) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.ras.ru/news/shownews.aspx?id=bc9b30f7-530a-4036-95ff-8a802dfab371> (дата обращения: 12.03.2020).

23. **Национальный** проект «Наука» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://government.ru/rugovclassifier/851/events/> (дата обращения: 12.03.2020).

24. **Паспорт** национального проекта «Наука» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://static.government.ru/media/files/vCAoi8zEXRVSuy2Yk7D8hvQbpbUSwO8y.pdf> (дата обращения: 12.03.2020).

25. **Зуев С.Ю.** К проблеме качественной идентификации наукоёмкого производства [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://sun.tsu.ru/mminfo/000063105/310/image/310-122.pdf> (дата обращения: 12.03.2020).

26. **Городилов А.Б.** Формирование адаптивной системы управления наукоёмким производством на основе современных информационных технологий // *Российское предпринимательство*. 2010. № 10. Вып. 2 (169). С. 112—116.

27. **Щербаков Д.В.** Концепция управления наукоёмким производством // *Организатор производства*. 2010. № 1. С. 78—85.

28. **Наукоёмкие** отрасли [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://finlit.online/osnovyi-ekonomiki/naukomkie-otrasli-7491.html> (дата обращения: 12.03.2020).

29. **Научные** основы совершенствования и создания наукоёмких производств. Особенности наукоёмкого производства [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://ozlib.com/830922/tehnika/nauchnye_osnovy_

sovershenstvovaniya_sozdaniya_naukoemkih_proizvodstv (дата обращения: 12.03.2020).

30. **Наукоёмкие** технологии [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://studfiles.net/preview/4017639/> (дата обращения: 12.03.2020).

31. **Мамчур Е.А.** Фундаментальная наука и технологии: поиски механизмов взаимодействия [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://iphras.ru/uplfile/natssc/articals/mamchur/modern-tehnology.pdf> (дата обращения: 12.03.2020).

32. **Попиков А.А.** Модель организации производственных процессов наукоёмких предприятий // *Организатор производства*. 2015. № 4 (67). С. 19—26 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://cyberleninka.ru/article/n/model-organizatsii-proizvodstvennyh-protssov-naukoemkih-predpriyatij> (дата обращения: 12.03.2020).

33. **Сорокин А.Е., Новиков С.В., Замковой А.А.** Инновационно-технологический менеджмент в организации наукоёмкого производства // *Инновации*. 2016. № 10 (216). С. 132—136 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/innovatsionno-tehnologicheskij-menedzhment-v-organizatsii-naukoemkogo-proizvodstva> (дата обращения: 12.03.2020).

34. **Модель** организации производства наукоёмкой продукции. Инновационная организация производства инфокоммуникационных услуг на базе мультисервисной сети (на примере ОАО «ЦентрТелеком») [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://studexpo.ru/541603/tehnologiya_mashinostroeniya/model_organizatsii_proizvodstva_naukoemkoy_produktsii (дата обращения: 12.03.2020).

35. **Кривякин К.С.** Развитие организации производства сложных наукоёмких изделий // *Организатор производства*. 2015. № 4. С. 5—11.

Ссылка для цитирования

Елисеев В.А. Инновационные особенности современных технологических трансформаций // *Автоматизация. Современные технологии*. 2020. Т. 74. № 8. С. 362—376.

Требования к оформлению библиографических ссылок

Список литературных источников, на которые делаются ссылки в тексте статьи, составляется в порядке цитирования и оформляется в соответствии с ГОСТ 7.1—2003 и ГОСТ Р 7.0.5—2008 (указываются фамилии и инициалы авторов, точное название книги или сборника, издательство, год и место издания, количество страниц в книге, а для журнальных статей — фамилии и инициалы авторов, название статьи, название, год выхода и номер журнала, страницы размещения статьи). При ссылке на электронные ресурсы обязательно указывать дату обращения, например, 26.06.2017. Ссылки на иностранную литературу даются на языке первоисточника без сокращений. Согласно требованиям зарубежных баз данных, список литературных источников необходимо также транслитерировать на латинский шрифт (фамилия и инициалы авторов, название источника публикации и место издания), при этом технические сокращения должны быть переведены с использованием общепринятых обозначений (номер — No., том — Vol., страница — P. и т. п.). Для транслитерации русскоязычных наименований можно воспользоваться сервисом <http://translit.ru/>.



УДК 004.8

Р.Р. Загидуллин, д-р техн. наук, проф.
(Уфимский государственный авиационный технический университет)

polysoft@list.ru

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ КАЧЕСТВА ПРИНИМАЕМЫХ РЕШЕНИЙ В СИСТЕМАХ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Рассмотрен вопрос определения качества принимаемых решений в системах искусственного интеллекта с учётом анализа атрибутов объекта и их функций. Предложен метод определения количества информации и качества принимаемого решения при создании новых объектов в виде задачи поиска оптимального решения.

Ключевые слова: искусственный интеллект; процесс модификации объекта; атрибуты объекта; функции атрибутов объектов; количество информации; качество информации; целевая функция создания объекта.

The question of determining the accepted decision quality in artificial intellect systems taking into account the analysis of the attributes of an object and their functions is considered. A method for determining the amount of information and the accepted decision quality when creating new objects as a task of finding the optimal solution is proposed.

Keywords: artificial intellect; object modification process; attributes of the object; attributes function of objects; amount of information; quality of information; specific function of creating an object.

Введение. От систем искусственного интеллекта (ИИ) в подавляющем большинстве случаев ожидают решение некой известной задачи в новом качестве. Это и отыскание оптимума при решении сложных комбинаторных задач, и доказательство теорем, и создание новых свойств у существующих объектов и многое другое [1]. В конечном итоге можно сказать, что ИИ работает над неким объектом X . Общеизвестно также, что системы ИИ в общем случае должны включать в себя базу знаний, алгоритм и множество правил работы с объектом. Оценкой качества нового решения как результата деятельности ИИ является некая мера информации I , которая отлична от нуля. При этом мы закономерно ожидаем от систем ИИ создания некоего объекта X' как модификации объекта X с лучшими параметрами качества, которое для базового объекта можно обозначить как Q .

В то же время в большинстве работ по ИИ [2, 3] не анализируется связь между новым качеством Q' и количеством информации I . В ряде случаев лишь подчеркивается, что чаще всего результат может быть получен с помощью аппарата нечёткой логики и только в крайнем случае — в виде численного решения с помо-

щью аналитических выражений [4]. При этом ожидаемый результат Q' нового объекта X' не является известным с точки зрения значения параметров. И, наконец, отсутствует методика, которая бы связывала количество информации I , которое бы определяло разницу между значениями Q и Q' . В какой-то мере эта задача аналогична задаче поиска оптимума какой-либо функции при использовании несходящихся эвристических алгоритмов, поскольку в обоих случаях мы не знаем как значения экстремума функции при наличии ограничений, в первом случае, так и пределов развития объекта для второго случая — задач, которые мы возлагаем на методы, используемые в моделях ИИ.

Поэтому вопрос определения качества Q' некоего нового объекта X' с точки зрения анализа информации по параметру качества как результат работы ИИ является открытым.

Формальный образ объектов в различных системах. В последние годы часто при создании ИИ сетевого характера на базе нейронных сетей [5] анализируются различные события и характер их развития с точки зрения сети интернет и социальных сетей. Поскольку само понятие систем ИИ и их задачи исторически возникли как задача передачи раз-

личных функций человеческого интеллекта системам ИИ в целях повышения эффективности, быстродействия и других показателей, то ниже будем ссылаться на примеры создания объектов с новым качеством как для социальных сетей, так и для систем ИИ.

Допустим, что есть некоторое множество объектов $X_i^l (i = 1, \dots, \infty, l = 0, \dots, L)$. Это может быть и текст, и видеоряд и т. п. Если значение верхнего индекса равно «0», то это будет означать, что это изначальный объект (X_i^0). Если $l > 0$, например $l + 1$, то такой объект определим как модификацию объекта — $X_i^1, X_i^2, \dots, X_i^l$. При этом под L будем понимать конечную модификацию объекта, хотя в силу того, что мы не знаем число этих модификаций, будем считать, что на момент существования этого объекта в рассматриваемом технологическом укладе $L = \infty$. У каждого объекта имеется множество атрибутов $x_{ij}^l (j = 1, n_i)$, где n_i — число атрибутов i -го объекта. Тогда формально объекты могут быть представлены как совокупность описанных выше свойств:

$$X \begin{cases} X_i^l (i = 1, \dots, \infty, l = 0, \dots, L); \\ x_{ij}^l (j = 1, n_i). \end{cases} \quad (1)$$

Допустим, что некоторые из этих атрибутов могут изменяться. Если изменяется хотя бы один атрибут, то мы имеем дело с модификацией объекта, которую обозначим как

$$X_i^l \Rightarrow X_i^{l+1}. \quad (2)$$

Для каждого атрибута введем функцию $f(x_{ij}^l)$, которая имеет некоторое число нечётких переменных $z_k(x_{ij}^l), k = 1, m(x_{ij}^l)$, где $m(x_{ij}^l)$ — число оценочных переменных, которые могут быть представлены как в виде нечётких переменных с наличием функций совместности [6], например, из множества {малодопустимо, приемлемо, вполне допустимо}, так и любым числовым значением, например, {-1}, {10}, {2,71} и т. д., а также одну булеву переменную $z^*(x_{ij}^l), z^* \in \{0, 1\}$, где «0» означает невозможность изменения атрибута, а «1» — возможность. При этом как переменные z_k , так и z^* могут носить как экспертный характер, так и обоснованный некими предельными значениями атрибута (например, масса робота не должна превышать 100 кг). Поскольку база знаний (БЗ) — основа любой интеллектуальной системы [7], то представленная выше функция $f(x_{ij}^l)$ будет являться элементом

этой БЗ. Эта функция оформлена в виде множества правил R модификации

$$R(X_i^l \Rightarrow X_i^{l+1}) \begin{cases} f(x_{ij}^l) = \{z_k(x_{ij}^l), k = 1; \\ m(x_{ij}^l), z^*(x_{ij}^l), z^* \in \{0, 1\}\}; \\ f'(x_{ij}^l), \end{cases} \quad (3)$$

где $f'(x_{ij}^l)$ — дополнительные оценочные функции, которые могут принадлежать как объекту X_i^l , так и алгоритмам работы над ним.

Оценка качества модификации объекта. Качество Q объекта X_i^l в процессе его модификации (2) будем рассматривать с точки зрения новой информации объекта X_i^{l+1} , которой он обладает по отношению к X_i^l при том, что все атрибуты нового объекта X_i^{l+1} не противоречат правилам (3).

Под информацией будем понимать разницу между значениями функций атрибутов $f(x_{ij}^l)$ в процессе модификации (2). Если хотя бы по одному атрибуту x_{ij}^{l+1} в процессе (2) значение хотя бы одной функции из (3) отлично от аналогичной функции для x_{ij}^l , то информация будет отлична от нуля, т. е.

$$I(X_i^l \Rightarrow X_i^{l+1}) <> 0 \mid \exists j, f(x_{ij}^l) <> f(x_{ij}^{l+1}). \quad (4)$$

При этом информация может принимать различные значения в зависимости от сравнения $f(x_{ij}^l)$ и $f(x_{ij}^{l+1})$:

$$I(X_i^l \Rightarrow X_i^{l+1}) \begin{cases} = 0 \mid f(x_{ij}^l) = f(x_{ij}^{l+1}), z^* = 1; \\ > 0 \mid f(x_{ij}^l) > f(x_{ij}^{l+1}), z^* = 1; \\ < 0 \mid f(x_{ij}^l) < f(x_{ij}^{l+1}), z^* = 1. \end{cases} \quad (5)$$

Модификация объекта невозможна, если $z^* = 0$.

Видно, что поскольку во втором выражении (5), которое нас интересует с точки зрения изменения функции $f(x_{ij}^l)$, согласно (4) отсутствует неравенство $f(x_{ij}^l) < f(x_{ij}^{l+1})$ и хотя бы для одного из всего множества параметров объекта выполняется условие (4), то все последующие решения, базирующиеся на этих условиях, будут оптимальными по Парето относительно ранее существующих решений для анализируемого объекта на любом этапе оптимизации.

Проанализируем (5) на различных примерах.

Допустим, что в социальной сети имеется некий объект в виде контента, который часто

копируется пользователями сети с одной страницы сети на другую. Если контент при копировании (так называемый repost) остается неизменным по всем атрибутам, то количество информации равно нулю. Если же изменяется хотя бы один атрибут, то информация отлична от нуля. Если значения оценочных функций нового объекта $f(x_{ij}^{l+1})$ меньше $f(x_{ij}^l)$ (либо по экспертной оценке, либо по числовому значению), то это означает, что новый объект X_i^{l+1} в результате (2) хуже, чем X_i^l . Если $f(x_{ij}^{l+1})$ больше $f(x_{ij}^l)$, то — лучше. В первом случае ($I < 0$) мы получаем объект X_i^{l+1} , так или иначе уступающий своему прообразу X_i^l , и его создание нецелесообразно. Случай с $I > 0$ означает, что качества объекта улучшились и он может быть принят во внимание.

Рассмотрим, на первый взгляд, непримечательный случай в (5), когда $I = 0$ при $z^* = 1$. В этом случае мы имеем дело с созданием прототипа, т. е. $X_i^l = X_i^{l+1}$. В принципе в этом нет ничего плохого, но тогда возникает целесообразность использования ИИ. Кроме того, если интерпретировать этот случай для человека, то это означает, что имея q различных элементов мозаики, позволяющей создавать s различных комбинаций ($q \gg s$), человек постоянно создает только одну комбинацию. Если только это не является целью, то данный случай означает стагнацию когнитивных функций в творчестве. Для случая использования алгоритма это означает, что всегда будет отыскиваться только одно решение. Для случая использования систем ИИ в интеллектуальных роботах это будет означать, что они не смогут создавать новые объекты кроме изначально заложенных программой.

Следовательно, на основе (5) и приведенного выше анализа ситуаций можно утверждать, что новое качество достижимо только в случае, если $I > 0$, т. е.

$$Q(X_i^l \Rightarrow X_i^{l+1}) > 0 \mid I > 0, z^* = 1. \quad (6)$$

Поскольку прирост информации может быть минимальным, что несущественно отразится на значении (6), то для процесса модификации (2) введем понятие ожидаемого качества — $Q'(X_i^{l+1})$ при том, что

$$Q'(X_i^{l+1}) - Q(X_i^{l+1}) > \delta(l \Rightarrow l+1), \quad (7)$$

где $\delta(l \Rightarrow l+1)$ — ожидаемый прирост качества нового решения на итерации ($l, l+1$).

Оценка $\delta(l \Rightarrow l+1)$ носит экспертный характер и может определяться в результате либо аппроксимации развития объекта X_i^l при наличии статистических данных, либо как нечеткая переменная с известными значениями функции предпочтения в уравнениях нечеткой логики [6].

Если объект X_i^{l+1} при сравнении с прототипом X_i^l имеет изменения в лучшую сторону сразу по нескольким атрибутам x_{ij}^{l+1} , то можно использовать функционал с весовыми коэффициентами вида

$$W = \sum_{j=1}^{n_i} \alpha_j x_{ij}^{l+1}, \quad (8)$$

где α_j — весовые коэффициенты, которые могут быть получены с минимальным влиянием человеческого фактора [8]; n_i — число критериев для i -го объекта.

В итоге целевую функцию при создании новых объектов можно выразить следующим образом:

$$F(X_i^0 \Rightarrow X_i^l) \rightarrow \max \mid Q'(X_i^{l+1}) - Q(X_i^{l+1}) > \delta(l \Rightarrow l+1). \quad (9)$$

Данная целевая функция обязательно должна содержать ограничения по ресурсам C , например стоимостным или временным (отражающим время получения нового объекта). В ряде случаев ограничения могут быть по атрибутам объекта — x_{ij}^{l+1} , но при этом надо иметь в виду, что при сравнении количественных значений этих атрибутов, например массы, мы переходим к функции $f(x_{ij}^{l+1})$, которая имеет безразмерную величину при сравнении решений $f(x_{ij}^l)$ и $f(x_{ij}^{l+1})$, так как, как отмечалось выше, оценивается количество информации, по экспертной оценке либо по числовому значению.

Тогда указанные ограничения примут следующий вид:

$$C(Q'(X_i^{l+1})) \leq C_{\max}, \quad (10)$$

$$f^\delta(x_{ij}^{l+1}) \geq x_{ij}^l, j = \overline{1, n_i}, \quad (11)$$

где C_{\max} — максимальное количество ресурсов; $f^\delta(x_{ij}^{l+1})$ — ожидаемое значение функций атрибутов.

В итоге система (9)...(11) приводит к задаче поиска оптимального значения при оценке качества вновь получаемого решения (объекта) с точки зрения оценки информации.

Заключение. Анализируя создание в системах ИИ новых объектов как их модификацию от базовых прототипов с учётом атрибутов объектов и значений их функций, на основе количества информации и сравнения этих функций в процессе модификации объектов можно в определенной мере, с учётом экспертных оценок, однозначно определить качество вновь получаемых решений или объектов. При этом данная задача сводится к задаче поиска оптимального решения. Глобальный оптимум с использованием эвристических и, как правило, несходящихся алгоритмов не может быть получен. Несмотря на этот факт, а также наличие ограничений в модели оптимизации, образующих подпространство допустимых решений, любое новое решение, удовлетворяющее условиям существования положительной информации о новом объекте, является оптимальным по Парето во множестве решений данного подпространства.

Библиографические ссылки

1. **Нильсон Н.** Принципы искусственного интеллекта: Пер. с англ. М.: Радио и связь, 1985. 376 с.

2. **Jackson Ph.C. Jr.** Introduction to Artificial Intelligence. Dover Publications Inc. New York, 1985. 513 p.

3. **Konar A.** Artificial Intelligence and Soft Computing. Behavioral and Cognitive Modeling of the Human Brain. CRC Press. Boca Raton. London — New York — Washington, D.C. 1999. 816 p.

4. **Phillips-Wren G.** Ai Tools in Decision Making Support Systems: a Review. Intern. J. on Artificial Intelligence Tools. 2012. Vol. 21. No. 02, 1240005. P. 1—13.

5. **Rojas R.** Neural Networks — A Systematic Introduction. Springer-Verlag, Berlin, New-York, 1996. 502 p.

6. **Заде Л.** Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. М.: Мир, 1976. 166 с.

7. **Гаврилова Т.А., Хорошевский В.Ф.** Базы знаний интеллектуальных систем. СПб.: Изд-во Питер, 2000. 353 с.

8. **Загидуллин Р.Р.** Автоматизация принятия решений в задачах оптимизации с несколькими критериями выбора // Автоматизация. Современные технологии. 2016. № 10. С. 8—13.

Ссылка для цитирования

Загидуллин Р.Р. Метод определения качества принимаемых решений в системах искусственного интеллекта // Автоматизация. Современные технологии. 2020. Т. 74. № 8. С. 377—380.

Уважаемые авторы и читатели!

Редакция и редакционная коллегия сообщают:

межотраслевой научно-технический журнал «Автоматизация. Современные технологии» успешно прошёл аккредитацию в ВАК при Минобрнауки России для публикации работ соискателей учёных степеней по отрасли науки:

05.00.00 — технические науки

и четырём группам специальностей:

05.02.00 — машиностроение и машиноведение;

05.07.00 — авиационная и ракетно-космическая техника;

05.11.00 — приборостроение, метрология

и информационно-измерительные приборы и системы;

05.13.00 — информатика, вычислительная техника и управление.

Напоминаем: статьи следует подавать в редакцию заблаговременно!

С правилами оформления статей можно ознакомиться на сайте mashin.ru.



С.И. Пилипенко, Л.И. Медведева, канд. техн. наук
(Волжский политехнический институт — филиал
Волгоградского государственного технического университета)
mirumiru2@yandex.ru

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ОТОПЛЕНИЕМ КОТТЕДЖА

Рассмотрен вариант автоматизированной системы управления параметрами отопления частного дома, который включает в себя анализ и выбор способа организации отопления, функциональную схему автоматизации и схему укладки элементов отопления. Представлены предложения по выбору датчиков нижнего уровня управления и контроллера верхнего уровня.

Ключевые слова: климат жилых помещений; автоматизированная система; отопление жилого помещения; котельное оборудование; измерение температуры.

A variant of an automated control system for heating parameters of a private house is considered, which includes analysis and selection of a heating method, a functional automation scheme, and a scheme for laying heating elements. Proposals for the sensors selection for the lower level of control and the controller of the upper level are presented.

Keywords: living space climate; automatic system; living space heating; boiler equipment; temperature measurement.

Многие жители мегаполисов всё чаще переезжают за город. При строительстве коттеджа люди учитывают множество условий, которые в обязательном порядке рассматриваются ещё на этапе рассмотрения проекта:

климат и экология;

количество комнат и санузлов, наличие столовой и кухни, рабочего кабинета (при необходимости), подвала или кладовой, гаража, веранды и др. [1].

Основной проблемой частного домостроения является создание комфортного микроклимата (комнатная температура, влажность). Поддержание основного параметра — комнатной температуры производится за счёт системы отопления, которая может быть реализована несколькими способами:

печное отопление;

отопление электричеством;

отопление с помощью теплового насоса;

отопление с помощью энергии солнца.

Каждый из них имеет свои достоинства и недостатки, но наибольшее распространение получили газовые теплогенераторы (котлы), так как они обладают:

высокой эффективностью работы (КПД большинства моделей достигает 95 %, а топливо расходуется практически без потерь);

большой мощностью (производительность агрегатов позволяет отапливать как компактные жилые помещения, так и просторные производственные цеха);

высоким уровнем автоматизации работы (котёл длительное время функционирует без участия человека).

Рассматриваемый проект представлен в виде одноэтажного дома с двумя боковыми верандами (рис. 1). Фундамент выполнен в виде сплошной железобетонной монолит-



Рис. 1. Одноэтажный дом с двумя боковыми верандами

ной ленты с утеплителем из прошивных минераловатных матов и обшивкой гипсовыми листами. Наружные стены дома спроектированы из кирпичной кладки и керамического кирпича на цементно-песчаном растворе с утеплителем из минераловатных лёгких матов и обшиты гипсовыми листами. Пол в подвале выполнен из железобетонной плиты без пустот с утеплителем из пенополистирола и накрыт доской из сосны. Стены веранды выполняются из деревянного бруса с дополнительным утеплением с помощью жёстких минераловатных плит. Все внутренние стены возводятся из глиняного полнотелого кирпича.

Кровля дома спроектирована простой двухскатной с несущим каркасом из деревянной стропильной конструкции.

Функциональная схема автоматизации процесса отопления с набором технических средств представлена на рис. 2.

На схеме изображён процесс отопления жилого дома, который реализуется путём укладки системы тёплого пола. Монтаж системы тёплых полов начинается с подготовки поверхности, которая должна быть выровнена (неровности

по площади не должны превышать ± 5 мм). Допускаются неровности и выступы не более 10 мм. Нарушение этого требования может привести к «завоздушиванию» труб.

После выравнивания поверхности необходимо вдоль боковых стен уложить демпферную ленту шириной не менее 5 мм для компенсации теплового расширения монолита тёплого пола.

После этого укладывается слой теплоизоляции для предотвращения утечки тепла в нижние помещения. В качестве термоизоляции рекомендуется использовать вспененные материалы (полистирол, полиэтилен и т. д.) плотностью не менее 25 кг/м^3 . Если невозможно уложить толстые слои теплоизоляции, то в этом случае применяются фольгированные теплоизоляционные материалы толщиной 5 или 10 мм. Важно, чтобы фольгированные теплоизоляционные материалы имели защитную плёнку из алюминия. Раскладка труб осуществляется с определённым шагом и в нужной конфигурации. При этом рекомендуется подающий трубопровод укладывать ближе к наружным стенам.

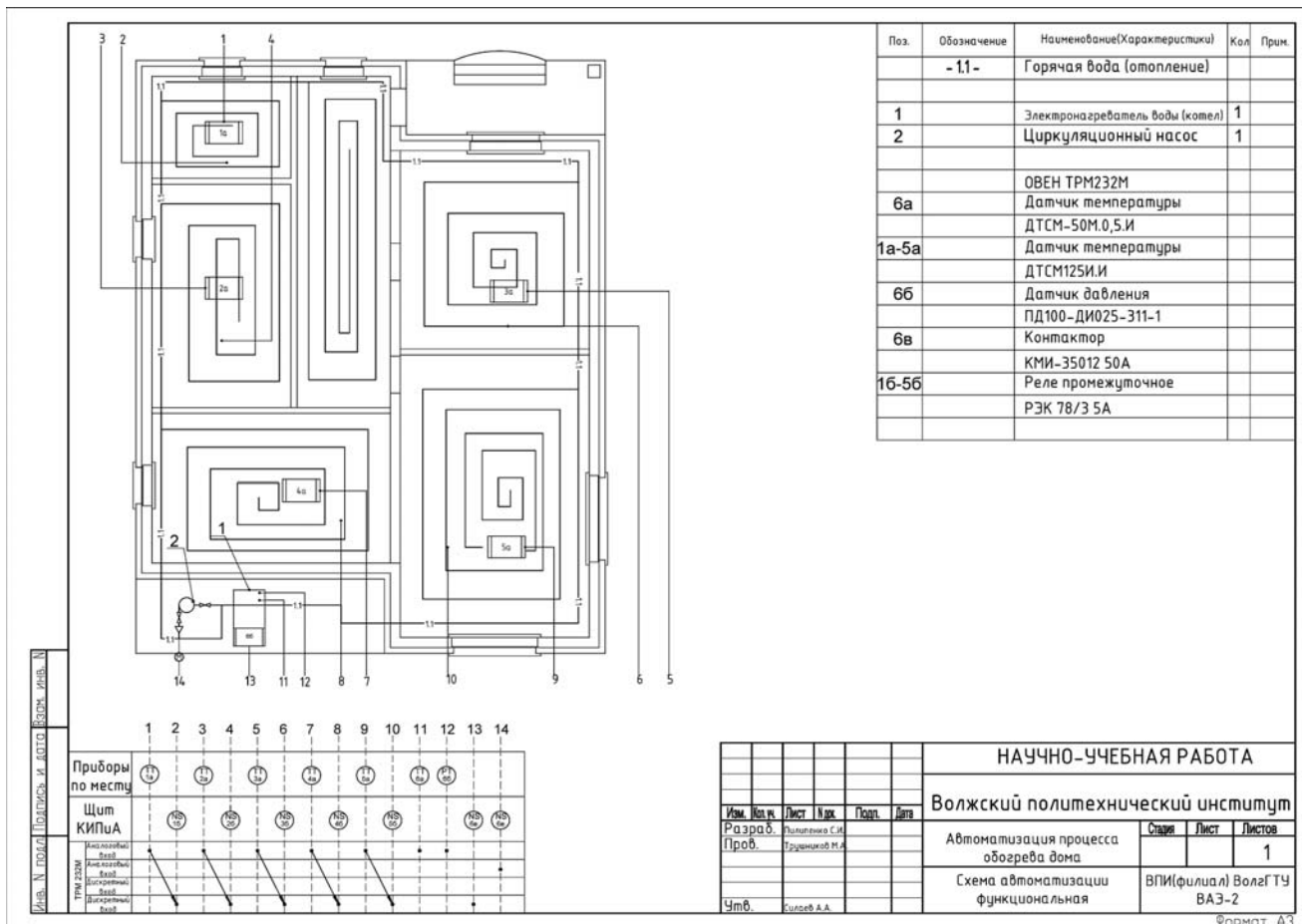


Рис. 2. Функциональная схема автоматизации отопления

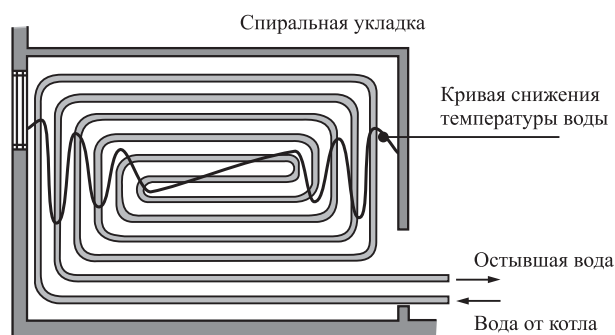


Рис. 3. Укладка петель тёплого пола спиралью

При спиральной укладке (рис. 3) трубы с противоположными направлениями потоков чередуются, причём наиболее горячий участок трубы соседствует с наиболее холодным. Это приводит к равномерному распределению температуры по поверхности пола.

Укладка трубы производится по разметке, нанесённой на теплоизолятор, якорными скобами через 0,3...0,5 м, либо между специальными выступами теплоизолятора. Шаг укладки рассчитывается и находится в пределах от 10 до 30 см, но не должен превышать 30 см, иначе возникнет неравномерный нагрев поверхности пола с появлением тёплых и холодных полос.

Области вблизи наружных стен здания называют граничными зонами. Здесь рекомендуется уменьшать шаг укладки трубы, для того чтобы компенсировать потери тепла через стены. Длина одного контура (петли) тёплого пола не должна превышать 100...120 м, потери давления на одну петлю (вместе с арматурой) — не более 20 кПа, минимальная скорость движения воды — 0,2 м/с (во избежание образования в системе воздушных пробок).

Пуск системы осуществляется только после полного высыхания бетона (примерно 4 дня на 1 см толщины стяжки). Температура воды при пуске системы должна быть комнатной. После пуска системы рекомендуется ежедневно увеличивать температуру подаваемой воды на 5 °С до рабочей температуры [2].

На схеме (см. рис. 2) также показаны места, где необходим контроль над такими параметрами, как температура воздуха и воды. Регулирование температуры будет происходить в каждой комнате. Контур получает сигнал о температуре воздуха в комнате и подаёт сигнал на ту часть коллектора, которая отвечает за это помещение. Клапан открывается или закрывается, тем самым температура в помещении стремится к заданной.

Оборудование и средства автоматизации системы управления

Тип прибора	Технические характеристики
ОВЕН ТРМ232-М	Программируемый логический контроллер. По заданной программе обрабатывает сигналы со всех датчиков и вырабатывает управляющие воздействия на исполнительные механизмы таких устройств, как электронагреватель (котёл), сервопривод [4]
ДТС125М, ДТТСМ-50М.0,5.И	Датчик температуры воздуха, датчик температуры воды
ОВЕН ПД100	Датчик модели 311 представляет собой преобразователь избыточного давления с керамической измерительной мембраной, сенсором на основе технологии ТНК. Диапазон измерения датчика до 0,25 МПа
STOUT STE-0010-024002	Электрический сервопривод применяется для регулирования температуры тёплого пола в каждой комнате на каждый клапан коллектора [5]
БП60Б-Д4-24	Блок питания ОВЕН используется для питания стабилизированным напряжением датчиков, контроллеров, панелей оператора и других приборов, а также исполнительных механизмов. Функционал приборов позволяет преобразовать широкий диапазон переменного или постоянного напряжения в стабилизированное постоянное напряжение, а также обеспечить защиту от перенапряжений и импульсных помех на входе, короткого замыкания и перегрева
Grundfos UPS 25-40	Комбинация циркуляционного насоса и воздушного сепаратора. Сепаратор отделяет содержащийся в воде воздух. Перекачиваемая жидкость, содержащая воздух, направляется через сопло в камеру сепаратора. В сопле жидкость сильно закручивается и затем попадает в расширяющую камеру, что вызывает падение давления в верхней части камеры. Понижение давления в сочетании с низкой скоростью приводит к отделению воздуха. Воздух удаляется автоматически воздухоотводчиком [6]
Ferrolli PTO 100 V	Настенный бойлер комбинированного нагрева, имеет один встроенный ТЭН, бак для воды выполнен из стали, покрыт эмалью, имеет один теплообменник [7]

Для нагрева воды используется электроннагревательный котёл ЭВАН Next 9. Он нагревает воду с помощью двух ТЭНов. При этом площадь обогрева может достигать 130 м². Котёл является одноконтурным (КПД достигает 99 %). Электрический котёл ЭВАН Next 9 крепится на стену. В идеале это отдельное помещение — котельная, которая обустроена электросиловым оборудованием. Котёл нужно установить так, чтобы по бокам и сверху оставалось свободное место [3].

Датчики температуры пола — выносные. Они закрепляются в полу на расстоянии не менее 0,5 м от стены и на равном расстоянии от ближайших труб с теплоносителем. Устанавливаются датчики пола в процессе монтажа труб до заливки стяжки.

Рекомендуемые для использования оборудование и средства автоматизации для реализации системы управления представлены в таблице.

Естественно, что предложение по выбору средств автоматизации носит рекомендательный характер, так как производители (отечественные и зарубежные) позиционируют широкую номенклатуру подобных приборов и оборудования. Выбор обусловлен только соображениями целесообразности и экономической эффективности.

Таким образом, разработанная система автоматизированного управления температурой в помещениях коттеджа позволяет создать комфортные условия проживания.

Библиографические ссылки

1. **Климец Д.А.** Сравнительный анализ систем отопления, выбор наиболее эффективной и наиболее рациональной системы отопления для частного жилого дома // Вестник науки и творчества. 2017. № 17. С. 23—28.
2. **Монтаж** теплого пола. Строительно-ремонтная компания «Мой дом» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://volzhskiy.365rem.ru/montazh-teplogo-pola.asp> (дата обращения: 14.12.2019).
3. **Каталог** продукции компании ЭВАН. Компания ЭВАН. Производитель теплового оборудования [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.evan.ru/products/kotly_elektricheskie/evan_next/evan_next_9/ (дата обращения: 9.09.2019).
4. **Каталог** продукции компании ОВЕН. Компания ОВЕН. Оборудование для автоматизации [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.owen.ru/catalog/> (дата обращения: 14.10.2019).
5. **STOUT.** Электротермический компактный сервопривод, нормально открытый, 24В [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.stout.ru/catalog/zaporno-reguliruyushchaya-armatura/stout-elektrotermicheskiy-kompaktnyy-servoprivod-normal-0> (дата обращения: 03.01.2020).
6. **Циркуляционный** насос UPS 25-40 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://shop.grundfos.ru/nasosyi-dlya-sistem-otopleniya-i-gvs/tsirkulyatsionnyy-nasosy/ups/cirkulyacionnyy-nasos-grundfos-ups-25-40/> (дата обращения: 03.01.2020).
7. **Бойлер** косвенного нагрева Ferroli PTO 100 V [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.teplodvor.ru/ferroli-pto-100.html> (дата обращения: 14.12.2019).

Ссылка для цитирования

Пилипенко С.И., Медведева Л.И. Автоматизированная система управления отоплением коттеджа // Автоматизация. Современные технологии. 2020. Т. 74. № 8. С. 381—384. DOI: 10.36652/0869-4931-2020-74-8-381-384.

Уважаемые читатели!

Подписку можно оформить в любом почтовом отделении по каталогу:
«Пресса России» — индекс **27838**.

Журнал распространяется по подписке, которую можно оформить в любом почтовом отделении (индекс по каталогу «Пресса России» — 27838) или непосредственно в издательстве по e-mail: realiz@mashin.ru, на сайте www.mashin.ru (без почтовых наценок, с любого месяца, со своего рабочего места); телефон для справок: (495) 785-60-69

Сдано в набор 28.05.2020.

Подписано в печать 21.07.2020.

Формат 60 × 88 1/8. Бумага офсетная.

Усл. печ. л. 5,88. Цена свободная.

Отпечатано в ООО «Канцлер»

150008, г. Ярославль, ул. Клубная, д. 4, кв. 49.

Оригинал-макет: ООО «Авансед солюшнз».

119071, г. Москва, Ленинский пр-т, д. 19, стр. 1. Сайт: www.aov.ru

Перепечатка материалов из журнала «Автоматизация. Современные технологии» возможна при обязательном письменном согласии редакции журнала. При перепечатке материалов ссылка на журнал «Автоматизация. Современные технологии» обязательна. За содержание рекламных материалов ответственность несёт рекламодатель