

ISSN 2075-7204

НАУЧНО - ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

НОВОСТИ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

NEWS OF SCIENCE AND TECHNOLOGIES

№ 4 (63) 2022

**СРАВНЕНИЕ ДВУХ РЕЖИМОВ ПРИМЕНЕНИЯ ОДОМЕТРА
ДЛЯ КОРРЕКЦИИ БЕСПЛАТФОРМЕННОЙ ИНЕРЦИАЛЬНОЙ
НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ**

COMPARISON OF TWO MODES OF APPLICATION
OF THE ODOMETER TO CORRECT A STRAPDOWN INERTIAL NAVIGATION SYSTEM

**АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ НАСТРОЙКА ЦИФРОВЫХ РЕГУЛЯТОРОВ
СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ
ДЛЯ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ**

AUTOMATED TUNING OF DIGITAL CONTROLLERS
FOR ELECTRONIC EQUIPMENT AUTOMATIC CONTROL SYSTEMS

**КИТАЙСКИЙ ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ ИННОВАЦИЙ И ИЗМЕНЕНИЙ
НА РЫНКЕ ТРУДА ДЛЯ РАЗВИТИЯ
ЕВРАЗИЙСКОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО СОЮЗА**

THE CHINESE EXPERIENCE OF INNOVATION AND CHANGES IN THE LABOR MARKET
FOR THE DEVELOPMENT OF THE EURASIAN ECONOMIC UNION

БЕСПЛАТФОРМЕННЫЕ ИНЕРЦИАЛЬНЫЕ НАВИГАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

Предназначены для непрерывного автоматического определения параметров ориентации (истинного курса, углов крена и тангажа) и вычисления навигационных параметров (широты, долготы, высоты, скорости) объекта.

БИНС-3



Высокоточные лазерные гироскопы и кремниевые акселерометры (для наземных объектов)

БИНС-4



Высокоточные волоконно-оптические гироскопы и кремниевые акселерометры, интегрированные со спутниковой навигационной системой GPS/GLONASS (для транспортных средств)

БИНС-5



Высокоточные волоконно-оптические или лазерные гироскопы, а также высокоточные кремниевые акселерометры (для наземных и воздушных транспортных средств)

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ:

Параметры	БИНС-3	БИНС-4	БИНС-5
СКП определения углов ориентации: угол курса, град	0,1	0,08xces(latitude)	0,05–0,2
углы крена и тангажа, не более, град	0,05	0,05	0,05
СКП определения координат: комплексирование с СНС, не более, м	15	10	10
комплексирование с датчиком скорости, не более, % от пройденного пути	0,2	0,25	0,25
автономный режим, не более, км за час движения	–	2	1,85
Диапазон определения угла курса, град	± 360	± 360	± 360
Диапазон определения угла крена, град	± 180	± 180	± 180
Диапазон определения угла тангажа, град	± 90	± 90	± 90
Максимальное ускорение по продольной оси, не более м/с ²	–	–	250
Максимальная угловая скорость, не более град./с	–	–	400
Частота выдачи навигационных данных, Гц	50	100	200
Время выставки методом гирокомпасирования, мин	5	8	–
Рабочий диапазон температур, °С	от –40 до +85	от –40 до +85	от –40 до +85
Тип интерфейса	Ethernet, RS232, RS422	Ethernet, RS232, RS422, CAN	Ethernet, RS232, RS422, CAN
Напряжение питания, В	20–30	18–32	18–32
Потребляемая мощность, Вт	<40	<40	<40



В соответствии с приказом Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь от 28 января 2022 г. № 14 журнал входит в Перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований по экономическим и техническим (машиностроение и машиноведение; приборостроение, метрология и информационно-измерительные системы) наукам.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ И РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ РЕДАКЦИОННОЙ КОЛЛЕГИИ И РЕДАКЦИОННОГО СОВЕТА

Шлычков Сергей Владимирович
канд. воен. наук, доцент, Председатель ГКНТ

ЗАМЕСТИТЕЛИ ПРЕДСЕДАТЕЛЯ

Павлова Наталья Фёдоровна
канд. биол. наук, главный редактор, заместитель директора по научной работе ГУ «БелИСА»

Савенко Сергей Александрович
д-р техн. наук, профессор, главный научный сотрудник ГУ «НИИ Вооруженных Сил Республики Беларусь», научный редактор

ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИОННОЙ КОЛЛЕГИИ

Аваков Сергей Мирзоевич
д-р техн. наук, профессор кафедры электронной техники и технологии БГУИР, Генеральный директор ОАО «Планар»

Бойков Владимир Петрович
д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой «Тракторы» БНТУ

Ботеновская Екатерина Сергеевна
канд. экон. наук, доцент кафедры комплексного изучения развития КНР факультета международных отношений БГУ

Володько Владимир Фёдорович
д-р пед. наук, профессор, зав. кафедрой «Менеджмент» БНТУ

Ганэ Вадим Арведович
д-р техн. наук, профессор, главный научный сотрудник НПООО «ОКБ ТСП»

Данильченко Алексей Васильевич
д-р экон. наук, профессор, декан факультета маркетинга, менеджмента, предпринимательства БНТУ

Дерновой Владимир Михайлович
канд. техн. наук, старший научный сотрудник, главный эксперт,
член Совета директоров НПООО «ОКБ ТСП», заместитель главного редактора

Дорошук Ольга Владимировна
канд. биол. наук, ученый секретарь ГУ «БелИСА», заместитель главного редактора

Ивуть Роман Болеславович
д-р экон. наук, профессор, член-корр. НАН Беларуси, зав. кафедрой «Экономика и логистика» БНТУ, научный редактор

Коробкин Владимир Андреевич
д-р техн. наук, профессор, лауреат Ленинской премии СССР

Косовский Андрей Аркадьевич
канд. экон. наук, доцент, Первый заместитель Председателя ГКНТ

Листопад Николай Измайлович
д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой информационных радиотехнологий БГУИР

Новикова Ирина Васильевна
д-р экон. наук, профессор, зав. кафедрой менеджмента, технологий бизнеса и устойчивого развития БГУ

Судилковская Елена Владимировна
зав. сектором ГУ «БелИСА», ответственный секретарь, выпускающий редактор

Тумилович Мирослав Викторович
д-р техн. наук, доцент, начальник управления подготовки научных кадров высшей квалификации
УО «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Щербаков Сергей Сергеевич
д-р физ.-мат. наук, профессор, академик-секретарь Отделения физико-технических наук НАН Беларуси

ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИОННОГО СОВЕТА

Баханович Александр Геннадьевич
д-р техн. наук, доцент, ректор УО «Брестский государственный технический университет»

Евдокимов Виктор Валерьевич
д-р экон. наук, профессор, Заслуженный деятель науки и техники Украины, ректор Государственного университета
«Житомирская политехника» (Украина)

Милорад М. Кураца
д-р физ. наук, профессор, профессор Физического факультета Белградского университета (Сербия)

Рудый Кирилл Валентинович
д-р экон. наук, профессор, независимый директор ОАО «Банк развития Республики Беларусь»

Фоломьев Александр Николаевич
д-р экон. наук, профессор, профессор государственного регулирования экономики Института государственной
службы и управления Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте
Российской Федерации (Российская Федерация)

Чижик Сергей Антонович
академик НАН Беларуси, д-р техн. наук, профессор, Первый заместитель Председателя Президиума НАН Беларуси

№ 4 (63) 2022 г.

Издается с декабря 2004 г.

Зарегистрирован
в Министерстве информации
Республики Беларусь,
свидетельство о регистрации
№ 576 от 24.07.2009 г.

Учредитель:

Государственное учреждение
«Белорусский институт системного анализа
и информационного обеспечения
научно-технической сферы»
(ГУ «БелИСА»)

Издатель:

ГУ «БелИСА»
Свидетельство о регистрации
в Министерстве информации
Республики Беларусь
№ 1/307 от 22.04.2014 г.

Адрес редакции:

пр. Победителей, 7,
220004, г. Минск
ГУ «БелИСА»
(журнал «Новости науки и технологий»)
Тел.: (+375 17) 203-41-23,
(+375 17) 306-09-46
Факс: (+375 17) 226-63-25
E-mail: vl@belisa.org.by,
isa@belisa.org.by
<http://www.belisa.org.by>

Дизайн и компьютерная верстка:

О. М. Сенкевич.

Издание распространяется:

1. По подписке через редакцию, а также через РУП «Белпочта».
2. По целевой адресной рассылке в органы государственного управления, организации и предприятия научно-технической сферы.
3. На международных республиканских выставках, конференциях, семинарах.

Подписные индексы:

002802 — для предприятий и организаций
00280 — для индивидуальных подписчиков

© «Новости науки и технологий»

Публикуемые материалы отражают мнение их авторов. Редакция не несет ответственности за содержание рекламных материалов. При перепечатке публикаций ссылка на журнал обязательна. Все упомянутые в материалах журнала наименования продуктов и товарные знаки являются собственностью их владельцев. Научные публикации рецензируются.

Формат 60×84 1/8. Бумага офсетная.

Печать цифровая.

Усл. печ. л. 6,51. Уч.-изд. л. 5,38.

Гарнитура Minion.

Подписано в печать 22.12.2022 г.

Тираж 100 экз. Заказ № 16.

Отпечатано в издательско-полиграфическом
отделе ГУ «БелИСА».

Лиц. 02330/485 от 14.09.2018.

В НОМЕРЕ:

НАУЧНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ

Сравнение двух режимов применения одометра для коррекции бесплатформенной инерциальной навигационной системы

Б. В. Климкович

Comparison of Two Modes of Application of the Odometer to Correct a Strapdown Inertial Navigation System..... 3

B. Klimkovich

Автоматизированная настройка цифровых регуляторов систем автоматического управления для радиоэлектронной техники

А. Н. Русакович, А. А. Шихов

Automated Tuning of Digital Controllers for Electronic Equipment Automatic Control Systems..... 10

A. Rusakovich, A. Shykhou

Китайский опыт внедрения инноваций и изменений на рынке труда для развития Евразийского экономического союза

Е Юйху

The Chinese Experience of Innovation and Changes in the Labor Market for the Development of the Eurasian Economic Union 17

Ye Yuhu

Процедура закупок в строительстве с использованием рейтинга конкурентоспособности строительных организаций

В. Н. Шаховская

Procurement Procedures in the Construction Sector Using the Competitiveness Rating of Construction Companies 26

V. Shakhovskaya

Анализ структуры инвестиций в строительную отрасль Республики Беларусь

И. В. Мальцевич

Analysis of the Structure of Investments in the Construction Sector in the Republic of Belarus 35

I. Maltsevich

РЕСПУБЛИКАНСКАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БИБЛИОТЕКА: ТЕРРИТОРИЯ ИНФОРМАЦИИ

**Биоэнергетика:
обзор зарубежных публикаций 45**

НА ЗАМЕТКУ

Правила для авторов..... 55

УДК 629.7.05

СРАВНЕНИЕ ДВУХ РЕЖИМОВ ПРИМЕНЕНИЯ ОДОМЕТРА ДЛЯ КОРРЕКЦИИ БЕСПЛАТФОРМЕННОЙ ИНЕРЦИАЛЬНОЙ НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

COMPARISON OF TWO MODES OF APPLICATION OF THE ODOMETER TO CORRECT A STRAPDOWN INERTIAL NAVIGATION SYSTEM

Б. В. Климкович,

главный научный сотрудник «ОКБ ТСП», кандидат физико-математических наук,
действительный член международной академии навигации и управления движением,
член редакционной коллегии журнала «Гироскопия и навигация», г. Минск, Республика Беларусь

B. Klimkovich,

Principal Researcher of the "OKB TSP", PhD in Physics and Mathematics,
Member of the International Academy of Navigation and Motion Control,
Member of Editorial Board of the "Gyroscope and Navigation" Journal, Minsk, Republic of Belarus

Дата поступления в редакцию — 30.09.2022.

В статье проведено сравнение режимов применения внешнего источника скорости для коррекции бесплатформенной инерциальной навигационной системы. Показано, что в режиме счисления пути погрешность определения координат больше погрешности в режиме комплексирования бесплатформенной инерциальной навигационной системы.

The article compares the modes of using an external source of speed for the correction of a strapdown inertial navigation system. It is shown, that in the dead reckoning mode the error in determining the coordinates is greater than the error in the Strapdown inertial navigation system aiding mode.

Ключевые слова: бесплатформенная инерциальная навигационная система, одометр, комплексирование, фильтр Калмана.

Key words: a strapdown inertial navigation system, odometer, aiding, Kalman filter.

Введение. В теории навигации задачу вычисления текущих координат объекта по известным координатам точки его старта и непрерывной информации о величине и направлении его горизонтальной скорости принято называть задачей счисления пути [1, 2]. В иностранной литературе для такого метода применяется термин *dead reckoning*.

Задача определения текущих координат стояла перед человеком с глубокой древности, в том числе и в морской навигации. Следует отметить, что сам термин «навигация» означал искусство кораблевождения, при этом направление движения определялось по солнцу, звездам либо по магнитному компасу. Горизонтальная скорость в случае мореплавания оценивалась с помощью морского лага. При движении по суше на повозке применялся одометр. Древние мастера для счета одометром пройденного пути использовали небольшие камешки, автоматически перебрасываемые механизмом из одной корзины в другую при проезде определенного отрезка пути. Таким образом, по количеству переброшенных одометром камешков можно было определить пройденный путь.

С начала XX в. метод счисления пути стал широко применяться в авиации, где скорость самолета определялась по величине воздушного напора в трубке Пито. Появившиеся в то время системы счисления пути на основе механических гироскопов и измерителей скорости на основе трубки Пито стали называться курсовертикалями [1].

В середине прошлого века появившаяся ракетная техника поставила задачу определения перемещения в пространстве и получения текущих координат без привлечения внешней информации о скорости объекта. Задача была решена с помощью платформенных инерциальных навигационных систем, в составе которых на горизонтируемой механическими гироскопами платформе устанавливались акселерометры, измеряющие кажущееся ускорение. Платформенные навигационные системы на основе метода инерциальной навигации осуществляли двойное интегрирование по времени показаний акселерометров в бортовом вычислителе и выдавали текущие координаты ракеты.

Появление в 1980-х гг. гироскопов на основе кольцевых лазеров, а в последствии — на основе оптоволоконных и разработка компактных и точных кварцевых акселерометров дало возможность отказаться от горизонтируемой платформы, что значительно уменьшило массу, габариты, энергопотребление, стоимость и увеличило надежность навигационной системы. Такие инерциальные системы называются бесплатформенными инерциальными навигационными системами (БИНС).

В отличие от платформенных навигационных систем, в БИНС показания акселерометров пересчитываются из связанной с блоком гироскопов и акселерометров системы координат в горизонтную систему координат.

Большим преимуществом метода инерциальной навигации перед методом счисления пути является его автономность: независимость от возможности получения информации от спутниковой системы координат, морского лага, одометра, отсутствие необходимости привязки ориентации астрономическими, топографическими либо иными методами.

Наряду с очевидными достоинствами метода инерциальной навигации, ему присущи и недостатки. Показания акселерометров и гироскопов при самой тщательной их калибровке содержат малые случайные погрешности, обусловленные случайными процессами в реальных гироскопах и акселерометрах. Интегрирование таких показаний в вычислителе БИНС с неизбежностью приводит к нарастающей со временем погрешности выдаваемых БИНС координат, скоростей и ориентации, что вызывает необходимость в коррекции показаний БИНС по дополнительным внешним источникам информации.

Одним из первых методов коррекции показаний БИНС в инерциальном режиме был метод периодического обнуления скорости и коррекции координат при остановках (ZUPT). Такой метод подходил только для наземных транспортных средств и был чрезвычайно неудобен при эксплуатации.

В настоящий момент разновидность этого метода применяется только в относительно недорогих портативных БИНС для навигации пешехода, при этом чувствительные элементы вместе с БИНС располагаются на ботинках пешехода. Алгоритм БИНС автоматически определяет состояние постановки ноги на землю, при этом происходит периодическая (с частотой шагов) коррекция выходных координат и скоростей и коррекция смещений гироскопов и акселерометров.

В настоящей статье мы рассмотрим два режима коррекции БИНС навигационного класса точности для наземного применения: это режим счисления пути и режим комплексирования одометра с БИНС.

Режимы применения одометра для коррекции БИНС. Как отмечено во введении, в режиме счисления пути изменение координат транспортного средства вычисляется периодическим добавлением к текущим координатам малого перемещения. Величина этого перемещения определяется по показаниям одометра, морского лага либо доплеровского датчика

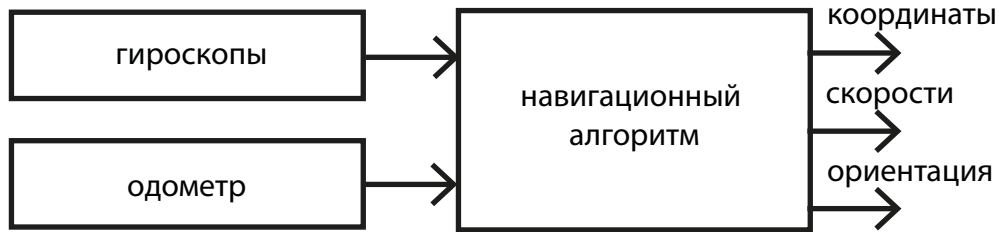


Рис.1. Блок-схема навигационного алгоритма в режиме счисления пути

скорости. Далее по тексту мы будем употреблять термин «одометр», подразумевая возможность других, указанных выше, датчиков перемещения либо скорости. Направление этого малого перемещения определяется навигационным алгоритмом с учетом показаний гироскопов.

В авиационной технике такой режим курсоверткали применяется в некоторых современных самолетах в качестве резервной навигационной системы. Блок-схема этого алгоритма представлена на рис. 1.

К достоинствам этого метода следует отнести простоту навигационного алгоритма.

Недостатком метода является зависимость погрешности рассчитанных координат и скорости от условий движения транспортного средства. Так, в случае самолетного применения погрешность измерителя скорости, основанного на применении трубки Пито, сильно зависит от скорости и направления ветра и может приводить к значительным ошибкам положения. В случае применения одометра в наземной технике зависимость его показаний от условий движения и состояния грунта также приводят к дополнительным погрешностям.

Кроме того, для колесной техники важным является непостоянство эффективного радиуса колеса, подключенного к одометру. Радиус колеса заметно изменяется с температурой окружающей среды, весом транспортного средства, состоянием грунта, износом покрышек. Это заставляет периодически калибровать показания одометра, что не всегда удобно для потребителя.

Последние десятилетия большинство производителей навигационного оборудования используют режим комплексирования показаний одометра с БИНС с помощью фильтра Калмана [2–6]. Блок-схема указанного режима представлена на рис. 2.

В этом режиме фильтр Калмана [5, 6] по известному значению вектора измерений позволяет в процессе движения транспортного средства получать оценку погрешностей работы инерциального алгоритма и проводить коррекцию как БИНС (координат, скоростей, параметров ориентации и смещений гироскопов), так и параметров работы одометра (масштабного коэффициента K_{od} и углов установки α и β — углы между продольной строительной осью транспортного средства и осью Y БИНС в плоскостях горизонта и вертикальной соответственно). Отметим здесь, что период работы фильтра Калмана должен быть в ~ 20 – 30 больше периода счета навигационной задачи.

В качестве элементов вектора состояния фильтра Калмана X выступают погрешности работы БИНС и погрешности работы одометра. Запишем элементы состояния фильтра X [13]:

$$X = \delta x, \delta y, \delta z, \delta V_x, \delta V_y, \delta V_z, \delta \gamma_x, \delta \gamma_y, \delta Bias_x, \delta Bias_y, \delta \alpha, \delta K_{od}, \delta \beta, \quad (1)$$

где $\delta x, \delta y, \delta z, \delta V_x, \delta V_y, \delta V_z$ обозначают погрешности координат и скоростей БИНС в горизонтной системе ENU (восток, север, верх);

$\delta \gamma_x, \delta \gamma_y$ — погрешности углов ориентации БИНС относительно соответствующих осей в системе ENU ;

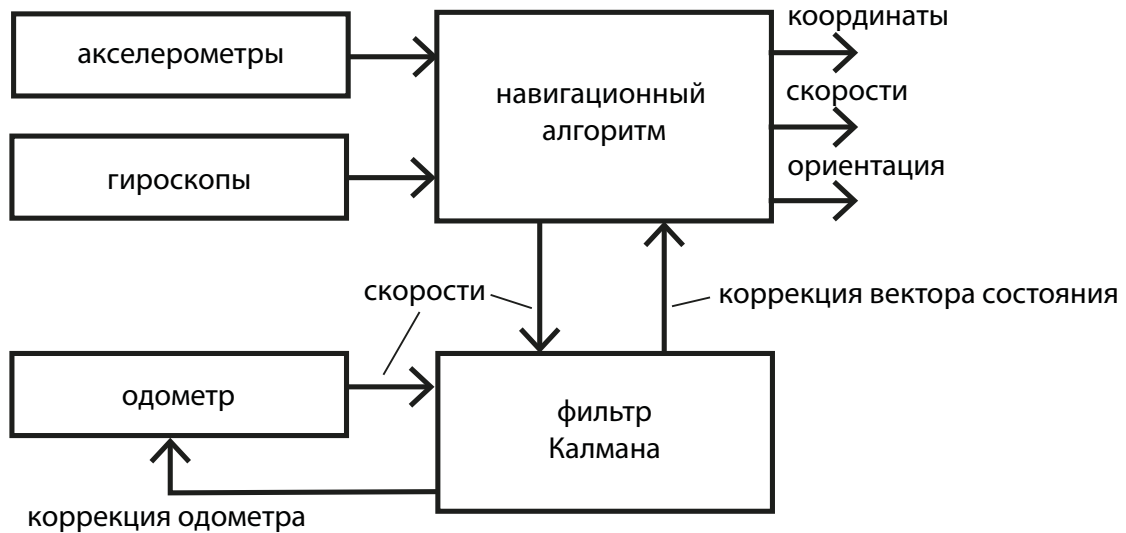


Рис. 2. Блок-схема навигационного алгоритма в режиме комплексирования

$\delta Bias_x, \delta Bias_y$ — погрешности смещений гироскопов в связанной системе координат в каналах «X» и «Y» БИНС;

$\delta\alpha, \delta K_{od}, \delta\beta$ соответственно обозначают погрешность угла установки продольной оси БИНС относительно продольной оси транспортного средства в плоскости горизонта, погрешность коэффициента одометра, погрешность угла установки продольной оси БИНС относительно продольной оси транспортного средства в вертикальной плоскости.

Мы применим инвариантную схему комплексирования [7], в которой измерениями выступают разности показаний одометра и навигационной системы.

Вектор измерений Z [3] тогда представляет собой разницу между погрешностями БИНС и одометра:

$$Z_x = \delta V_x C_{00} + \delta V_y C_{10} + \delta V_z C_{20} + \delta\gamma_x (V_z C_{10} - V_y C_{20}) + \delta\gamma_y (-V_z C_{00} + V_x C_{20}) - V_{od} \delta\alpha, \quad (2)$$

$$Z_y = \delta V_x C_{01} + \delta V_y C_{11} + \delta V_z C_{21} + \delta\gamma_x (V_z C_{11} - V_y C_{21}) + \delta\gamma_y (-V_z C_{01} + V_x C_{21}) - V_{od} \delta K_{od}, \quad (3)$$

$$Z_z = \delta V_x C_{02} + \delta V_y C_{12} + \delta V_z C_{22} + \delta\gamma_x (V_z C_{12} - V_y C_{22}) + \delta\gamma_y (-V_z C_{02} + V_x C_{22}) - V_{od} \delta\beta, \quad (4)$$

где V_x, V_y, V_z — значения скоростей БИНС в горизонтной системе координат;

V_{od} — показания одометра с учетом текущего значения масштабного коэффициента K_{od} и углов установки α и β ;

$C[3 \times 3]$ — матрица перехода из связанной системы координат в горизонтную.

Уравнения (2–4) определяют матрицу измерения $H[3 \times 13]$ в соответствии с уравнением:

$$Z = HX. \quad (5)$$

Вектор X подлежит оценке по фактически сделанным измерениям $z[3]$ в каждый текущий момент времени работы фильтра Калмана в процессе движения транспортного средства.

Фактическое значение вектора измерений $z[3]$ определяются следующими разностями показаний скоростей БИНС и одометра в связанном базисе:

$$z_x = V_x \cos(\alpha) - V_y \sin(\alpha), \quad (6)$$

$$z_y = V_x \sin(\alpha) - V_y \cos(\alpha) - V_{од}, \quad (7)$$

$$z_z = V_y \sin(\beta), \quad (8)$$

где V_x, V_y — значения текущей скорости БИНС в связанном базисе.

Приведем известные [6–9] выражения для фильтра Калмана:

$$X_k^- = A_k X_{k-1}, \quad (9)$$

$$P_k^- = A_k P_{k-1} A_k^+ + Q, \quad (10)$$

$$K_k = P_k^- H_k^+ (H_k P_k^- H_k^+ + R)^{-1}, \quad (11)$$

$$P_k = (I - K_k H_k) P_k^-, \quad (12)$$

$$X_k = X_k^- + K_k (z_k - H_k X_k^-), \quad (13)$$

где X_{k-1} и X_k^- — апостериорная и априорная оценка вектора состояния;

P_{k-1} и P_k^- — апостериорная и априорная матрица ошибок вектора x_{k-1} соответственно;

A_k, K_k, H_k — переходная матрица, матрица коэффициента усиления и матрица измерения, соответственно;

z_k — вектор измерения.

Выражения $Q = \langle w^+ w \rangle$ и $R = \langle v^+ v \rangle$ обозначают ковариационные матрицы порождающих шумов модели и измерений.

Уравнения (9, 10) в литературе называют этапом прогноза, уравнения (11–13) этапом коррекции [8–12].

При практическом применении фильтра Калмана для коррекции навигационной системы полученную оценку погрешности X_k вычитают из соответствующих элементов БИНС и параметров, связанных с одомером α, β и $K_{од}$.

Тогда на следующем такте работы фильтра Калмана апостериорная оценка X_k будет равняться нулю, а система уравнений (9–13) сократится и будет иметь следующий вид:

$$P_k^- = A P_{k-1} A^+ + Q, \quad (14)$$

$$K_k = P_k^- H_k^+ (H_k P_k^- H_k^+ + R)^{-1}, \quad (15)$$

$$P_k = (I - K_k H_k) P_k^-, \quad (16)$$

$$X_k = K_k z_k. \quad (17)$$

При практическом применении фильтра Калмана следует пользоваться его верхней либо нижней треугольной формой в целях предотвращения накопления вычислительных ошибок и потери точности [6].

Результаты сравнительных испытаний режимов счисления пути и комплексирования БИНС. Испытания БИНС с одомером проводились на трассе с контрольными точками, координаты которых были известны с погрешностью не более $\pm 0,5$ м. Число контрольных точек в таблице для каждого заезда с номером № указаны в колонке N . Относительная погрешность ΔS в каждой контрольной точке в процентах от пройденного пути рассчитывалась по формуле:

$$\Delta S = \frac{\sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}}{L} 100 \% , \quad (18)$$

где ΔX и ΔY — восточная и северная составляющие погрешности в данной контрольной точке;
 L — длина пройденного пути от точки старта до данной контрольной точки.

Средняя квадратичная погрешность (СКП) по всем точкам каждого заезда указана в третьей и четвертой колонках для режима счисления пути и режима комплексирования БИНС с одомером соответственно и рассчитывалась по формуле:

$$\text{СКП} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \Delta S_i^2} . \quad (19)$$

Среднее значение СКП по первым 6 заездам для двух режимов указано выделенным шрифтом и составляет 0.1936 % от пройденного пути для режима счисления пути и 0.1516 % от пройденного пути для комплексированного режима (см. таблицу).

Результаты испытаний БИНС

№	N	Счисление пути	БИНС + одомер	Дата и время
1	5	0.1292	0.1278	20.04.21 10:36
2	6	0.1121	0.1505	20.04.21 11:12
3	5	0.1923	0.1503	20.04.21 13:28
4	6	0.1734	0.1857	20.04.21 14:04
5	5	0.2764	0.1260	20.04.21 14:39
6	6	0.2784	0.1697	20.04.21 15:14
среднее		0.1936	0.1516	
7	5	0.2290	0.1403	26.04.21 09:50
8	6	0.2111	0.1311	26.04.21 10:28
9	5	0.1631	0.2318	26.04.21 11:03
10	6	0.1719	0.0882	26.04.21 11:42
среднее		0.1937	0.1478	

Среднее значение СКП по 7–10 заездам погрешность составляет 0.1937 % от пройденного пути для режима счисления пути и 0.1478 % от пройденного пути для комплексированного режима.

Из полученных результатов следует, что при прочих равных условиях комплексированный режим дает меньшую погрешность в среднем по приведенным данным на 0.0439 % от пройденного пути, что на 22 % лучше, чем режим счисления пути.

Объяснение это факта следует из приведенных ниже рис. 3 и 4.

На рис. 3 изображены зависимости продольной скорости транспортного средства и коэффициента одометра при проезде по трассе.

Видно, что коэффициент одометра не является постоянной величиной, а зависит от условия движения: скорости, состояния трассы и т. п. В комплексированном режиме это значение автоматически регулируется фильтром Калмана в соответствии с вышеприведенными формулами. В режиме счисления пути при калибровке выбирается некоторое среднее значение и в дальнейшем используется без каких бы то ни было уточнений.

Аналогично ведет себя угол установки α (см. рис. 4).

Фильтр Калмана регулирует значение угла, обеспечивая минимальную погрешность БИНС в текущий момент времени.

Важно отметить, что при значительных изменениях условий движения (изменения температуры, нагрузки транспортного средства, износа резины колес) различие в точности

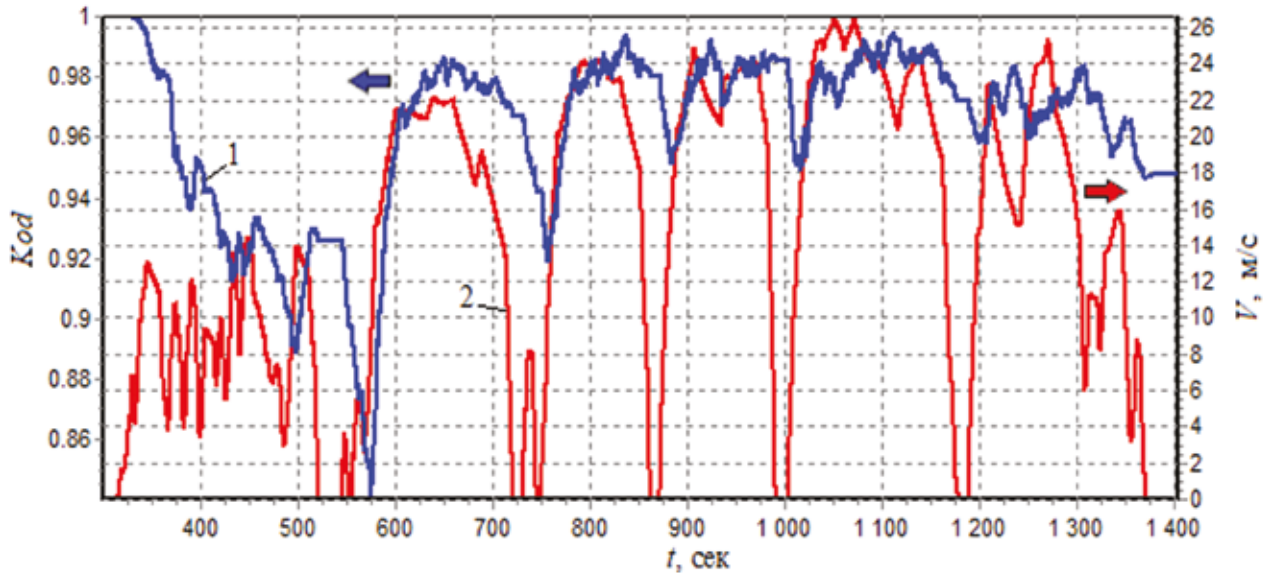


Рис. 3. Зависимость коэффициента одометра (1) и скорости движения (2) от времени движения

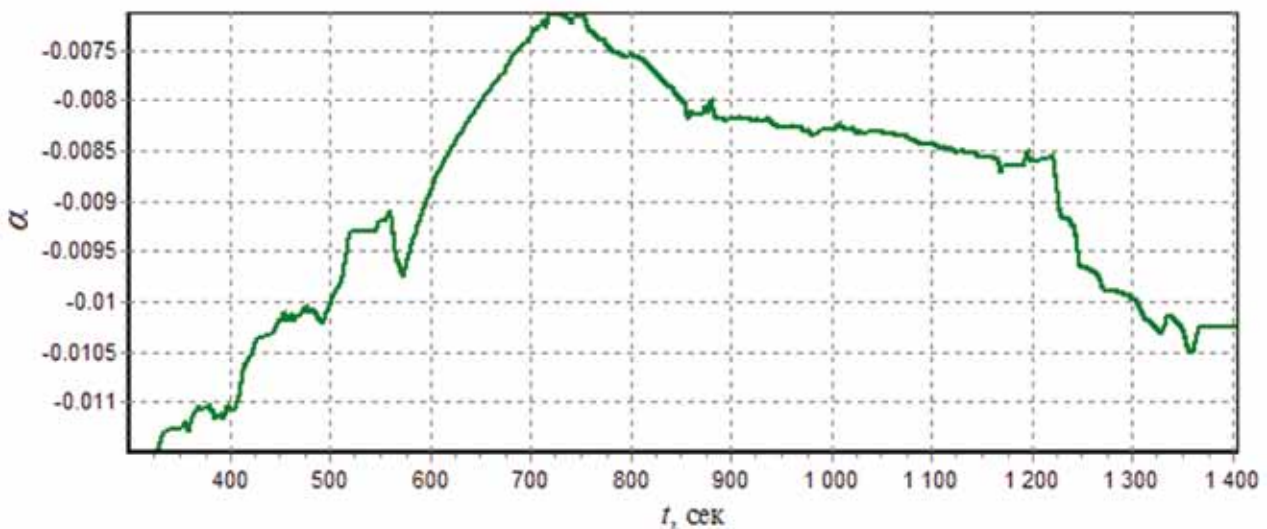


Рис. 4. Зависимость угла установки α от времени движения

работы двух указанных режимов применения одометра только увеличивается в пользу комплексированного режима.

Заключение. Рассмотрены способы применения данных от одометра при работе БИНС с наземным транспортным средством. Результаты натурных испытаний на трассах с точно известными координатами контрольных точек показали преимущество режима комплексирования одометра с БИНС в среднем на 22 % по сравнению с режимом счисления пути. Уменьшение погрешности в режиме комплексирования одометра с БИНС вызвано автоматической коррекцией параметров работы одометра — коэффициента одометра и углов установки БИНС относительно строительной оси транспортного средства и более точным соответствием своим фактическим значениям в каждый момент времени.

Литература:

1. Бабич, О. А. Обработка информации в навигационных комплексах. / О. А. Бабич — М.: Машиностроение 1991. — 511 с.
2. Бранец, В. Н. Введение в теорию бесплатформенных инерциальных навигационных систем / В. Н. Бранец, И. П. Шмыглевский. — М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1992. — 280 с.
3. Rogers, R. M. Applied Mathematics in Integrated Navigation Systems. 2nd Edition, AIAA, Inc., 2003. — P. 330.
4. Titterton, D. H., Weston, J. L. Strapdown Inertial Navigation Technology. 2nd Edition, 2004. — P. 581.
5. Salychev, O. S. Applied Inertial Navigation: Problems and Solutions. BMSTU, Moscow, Russia, 2004. — P. 303.
6. Голован, А. А. Математические основы навигационных систем. Часть II. Приложение методов оптимального оценивания к задачам навигации. 2-е издание. / А. А. Голован, Н. А. Парусников — М.: МГУ им. Ломоносова, 2012. — 170 с.
7. Степанов, О. А. Интегрированные инерциально-спутниковые системы навигации / О. А. Степанов // Гироскопия и навигация. — 2002. — № 1(36). — С. 23–45.
8. Savage P., G. Strapdown analytics. Second Edition. Strapdown Associated. Minnesota. Part 2. — 2000.
9. Емельянцеv, Г. И. Интегрированные инерциально-спутниковые системы ориентации и навигации / Г. И. Емельянцеv, А. П. Степанов — СПб.: ГНЦ РФ АО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор»», 2016. — С. 394.
10. Степанов, О. А. Основы теории оценивания с приложениями к задачам обработки навигационной информации. Часть 2. Введение в теорию фильтрации / О. А. Степанов — СПб.: ГНЦ РФ ОАО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор»», 2017. — 417 с.
11. Анучин, О. А., Емельянцеv, Г. И. Интегрированные системы ориентации и навигации для морских подвижных объектов / О. А. Анучин, Г. И. Емельянцеv; под общей ред. чл.-кор. РАН В. Г. Пешехонова. — СПб, 1999. — 375 с.
12. Матвеев, В. В. Основы построения бесплатформенных инерциальных навигационных систем / В. В. Матвеев, В. Я. Распопов — СПб.: ГНЦ РФ ОАО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор»», 2009. — 280 с.

УДК 681.515

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ НАСТРОЙКА ЦИФРОВЫХ РЕГУЛЯТОРОВ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ

AUTOMATED TUNING OF DIGITAL CONTROLLERS FOR ELECTRONIC EQUIPMENT AUTOMATIC CONTROL SYSTEMS

А. Н. Русакович

заместитель начальника СКБ-9 НПООО «ОКБ ТСП», канд. техн. наук, г. Минск, Республика Беларусь

А. А. Шихов

начальник сектора СКБ-4 НПООО «ОКБ ТСП», г. Минск, Республика Беларусь

A. Rusakovich

Deputy Head of SKB-9 of the SP LLC OKB TSP, PhD in Technical Sciences, Minsk, Republic of Belarus

A. Shykhau

Head of the Sector of SKB-4 of the SP LLC OKB TSP, Minsk, Republic of Belarus

Дата поступления в редакцию — 22.08.2022.

В статье предложен метод автоматизированной настройки цифровых регуляторов систем автоматического управления, позволяющий произвести настройку систем автоматического управления типа «черный ящик» в автоматическом режиме. Разработана программа, которая позволяет автоматизировать процесс настройки. Проведена настройка цифрового ПИД-регулятора и цифрового нечеткого регулятора на экспериментальном образце оптической электронной системы. Приведены результаты работы регуляторов на имитационной модели и экспериментальном образце.

The article presents a method for automated tuning of digital controllers for the automatic control systems, which makes it possible to tune the «black box» automatic control system of the in automatic mode. The developed program allows automating the configuration process. A digital PID controller and a digital fuzzy controller were tuned on an experimental sample of an optical electronic system. The results of the operation of regulators on a simulation model and an experimental sample are presented.

Ключевые слова: цифровые регуляторы, автонастройка, объект управления, метод оптимизации.

Key words: digital controllers, automated tuning, plant, optimization method.

Введение. В настоящее время существует множество способов синтеза цифровых регуляторов (ЦР) систем автоматического управления (САУ) [1]. Абсолютное большинство из них базируется на расчетах, в которых используются математические модели (ММ) объектов управления, полученные эмпирическим или аналитическим способом. ММ объекта позволяет осуществить точные расчеты входных воздействий и проанализировать отклик системы. Однако следует отметить, что аналитически рассчитать ММ объекта в большинстве случаев практически невозможно в связи со сложностью механизмов или отсутствием точных характеристик и параметров объектов управления. Широкое применение нашли практические способы определения ММ [2], но при этом встречаются системы, идентифицировать параметры которых затруднительно или вообще не представляется возможным. Такие системы иногда называют системами типа «черный ящик». В литературе можно встретить рекомендации о применении ПИД-регуляторов, как универсальных регуляторов для различных систем. При этом настройка ПИД-регулятора представляет собой сложный и трудоемкий процесс, методика которого для каждого объекта является индивидуальной. Для автоматизации настройки регуляторов разработано большое число различных методов, при этом большинство из них предполагают настройку только ПИД-регуляторов [3–5]. В данной статье предлагается метод автоматизированной настройки различных цифровых регуляторов, позволяющий произвести настройку коэффициентов регуляторов САУ типа «черный ящик» в автоматическом режиме.

Описание метода автоматизированной настройки. В качестве метода оптимизации выбран метод безусловной оптимизации Хука — Дживса [6], так как он является достаточно эффективным и при этом прост при практической реализации [7]. Поиск минимума целевой функции в методе Хука — Дживса состоит из последовательности шагов исследующего поиска вокруг базисной точки, за которой в случае успеха следует поиск по образцу [6].

Процедура поиска выглядит следующим образом. Выбирается начальная базисная точка b_1 и длина шага h_j для каждой переменной x_j . Далее вычисляется значение целевой функции $f(x)$ в базисной точке b_1 в целях получения сведений о локальном поведении функции $f(x)$. Эти сведения будут использоваться для нахождения подходящего направления поиска по образцу, с помощью которого можно надеяться достичь большего убывания значения функции. После нахождения новой базисной точки b_2 производится поиск по образцу, при этом используется информация, полученная в процессе исследования, и минимизация функции завершается поиском в направлении, заданном образцом. Процесс поиска завершается, когда длина шага будет уменьшена до заданного малого значения.

В качестве параметра для минимизации целесообразно использовать один из критериев качества работы САУ. В классической теории управления широко используются различные критерии [2]: интегральный, квадратичный и др. Данные критерии могут включать в себя различные показатели качества, которые можно выбрать для оптимизации: время переходного процесса, перерегулирование, статическая и динамическая ошибки. В то же время

при синтезе САУ какой-то из показателей качества может быть более важен. Например, для систем стабилизации наиболее важным параметром является время переходного процесса, а для высокоточных систем позиционирования — величина статической ошибки. В данном случае предлагается использовать комплексный показатель качества (КПК) [8, 9], выражение которого имеет следующий вид:

$$PI' = \frac{k}{C_1\sigma + C_2t_n + C_3t_{\text{пп}} + C_4e_c}, \quad (1)$$

где PI' — комплексный показатель качества (Performance Index);

σ — максимальное перерегулирование;

t_n — время достижения максимальной величины перерегулирования;

$t_{\text{пп}}$ — время переходного процесса;

e_c — статическая ошибка;

$k, C_1...C_4$ — масштабирующие коэффициенты.

Выражение (1) сочетает в себе различные критерии качества и позволяет их учитывать с различными весовыми коэффициентами, что делает оценку качества САУ более гибкой. Вместе с тем выбор масштабирующих коэффициентов является неясным и поэтому выражение (1) можно представить в следующем виде:

$$PI = k_1 \frac{p_1}{p_{10}} + k_2 \frac{p_2}{p_{20}} + \dots + k_n \frac{p_n}{p_{n0}}, \quad (2)$$

где $k_1...k_n$ — весовые коэффициенты;

$p_1...p_n$ — показатели качества;

$p_{10}...p_{n0}$ — желаемые (требуемые) показатели качества;

n — количество выбранных показателей качества.

В данном выражении коэффициенты $k_1...k_n$ являются весовыми и выбираются таким образом, чтобы выполнялось условие $\sum_{i=1}^n k_i = 1$. Причем показатели качества $p_1...p_n$ выбираются те, которые важны для проектируемой системы. В качестве желаемых показателей качества можно выбрать произвольные значения (в таком случае они будут масштабирующими коэффициентами) или задать определенные техническим заданием параметры (в таком случае КПК позволяет оценить качество работы САУ по отношению к требуемым параметрам). Минимальное значение функционала (2) показывает максимальное качество работы САУ и наоборот.

2. *Программа автоматизированной настройки цифровых регуляторов.* Для автоматизированной настройки ЦР была разработана специальная программа, алгоритм работы которой приведен на рис. 1.

В качестве метода оптимизации выбран метод безусловной оптимизации Хука — Дживса, а в качестве целевой функции — комплексный показатель качества. Для исследования в качестве показателей качества выбраны статическая ошибка e_c ; время переходного процесса $t_{\text{пп}}$ и максимальное перерегулирование σ . Следовательно, КПК будет иметь вид:

$$PI = k_1 \frac{\sigma}{\sigma_0} + k_2 \frac{t_{\text{пп}}}{t_{\text{пп}0}} + k_3 \frac{e_c}{e_{c0}}. \quad (3)$$

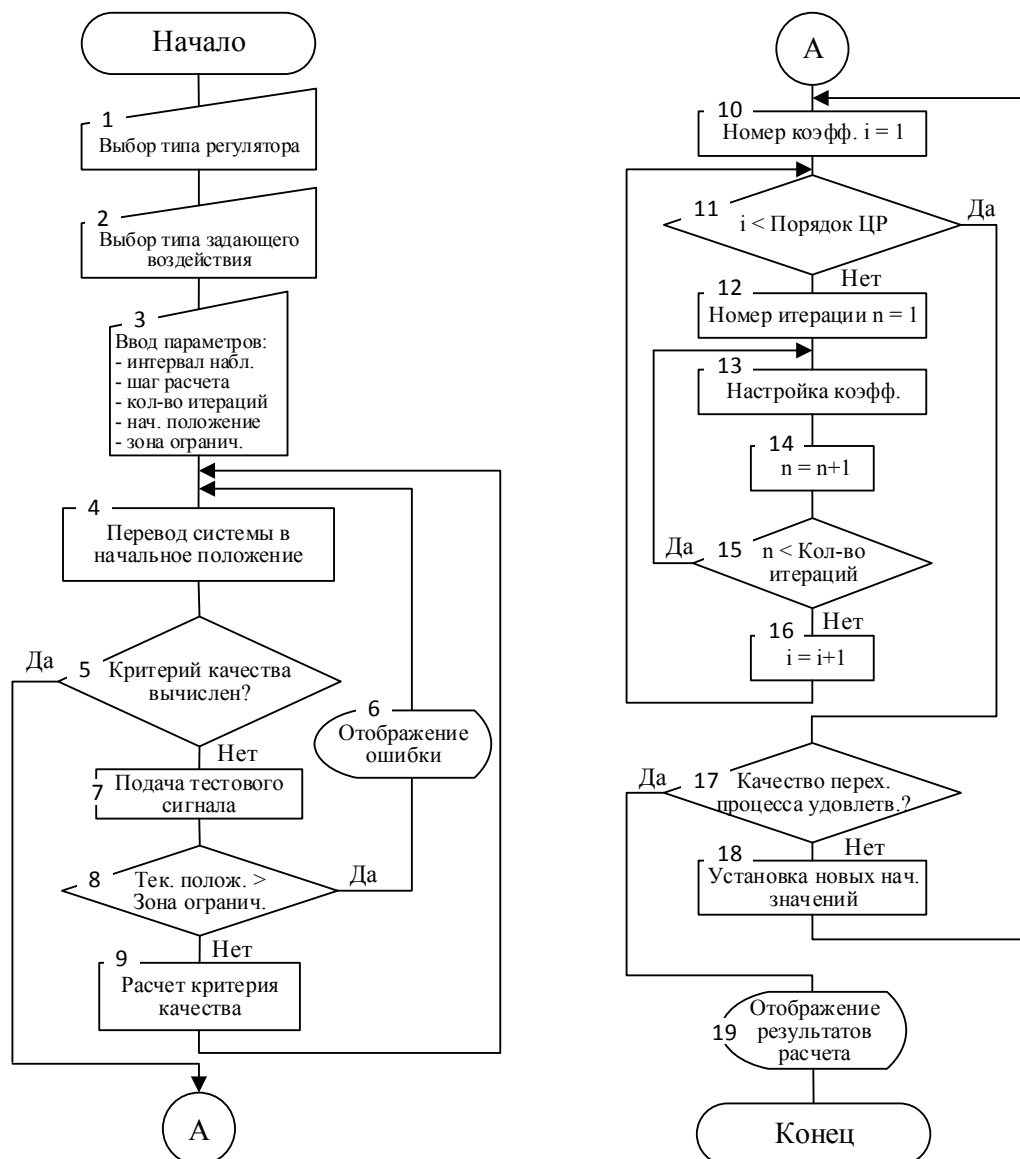


Рис. 1. Алгоритм работы программы

В качестве регуляторов для настройки выбран цифровой ПИД-регулятор и регулятор с нечеткой логикой функционирования (нечеткий регулятор) [10, 11].

Работа алгоритма на примере системы позиционирования выглядит следующим образом. Для автоматической настройки необходимо выбрать тип регулятора, определить его порядок и задать начальные параметры (блоки 1–3).

После перевода системы в режим автоматизированной настройки блок управления, содержащий в себе микропроцессор, определяет текущее положение привода и при необходимости выводит систему в начальное положение (блок 4). Далее подается задающее воздействие (блок 7) на выбранный регулятор с некоторыми начальными коэффициентами и в течение интервала наблюдения производится расчет критерия качества с установленным шагом расчета. Если при отработке задающего воздействия система не вошла в зону ограничения (блок 8), то по истечении интервала наблюдения с привода снимается входное воздействие, и система возвращается в начальное положение. По истечении интервала наблюдения получается базовый начальный критерий качества.

Далее, с использованием метода оптимизации и полученного базового критерия качества, происходит настройка первого коэффициента цифрового регулятора (блок 13). После настройки происходит повторная подача задающего воздействия, расчет критерия качества и оптимизация последующих коэффициентов цифрового регулятора. Процесс оптимизации продолжается до тех пор, пока количество итераций не превысит заданное или шаги изменения коэффициентов не станут менее заданных значений.

По достижении данного этапа процесс оптимизации прекращается. Оценивается характер переходного процесса при обработке задающего воздействия, время и амплитуда колебаний, статическая ошибка (блок 17) и при необходимости процесс оптимизации повторяется при полученных значениях в качестве начальных (блок 18).

На определенном этапе процесс оптимизации перестанет давать результаты, и процесс автоматизированной настройки можно будет считать завершенным.

3. *Экспериментальная проверка работы алгоритма.* В качестве примера рассмотрим настройку регуляторов для САУ, обеспечивающей позиционирование цифровой видеокамеры в канале азимута оптической электронной системы.

Диапазон углов перемещения составляет $\pm 40^\circ$, максимальная скорость перемещения — 30 град/с. Передаточная функция объекта управления САУ имеет вид:

$$G(s) = \frac{\alpha}{s(s+a)(s+b)}, \alpha = 122500c^{-3}, a = 215,2c^{-2}, b = 22,77c^{-1}. \quad (4)$$

Для реализации метода автоматизированной настройки и исследования качества работы САУ (4) необходимо создать ее имитационную модель. В качестве среды моделирования использована среда Simulink пакета программ MATLAB.

Схема имитационной модели приведена на рис. 2.

В имитационной модели (см. рис. 2) объект управления с передаточной функцией (4) представлен блоком Plant, ПИД-регулятор — блоком PID, нечеткий регулятор — блоком Fuzzy. Алгоритм автоматизированной настройки (см. рис. 1) реализован в блоке Auto-tuning.

Определим ряд начальных параметров, необходимых для процесса автоматизированной настройки:

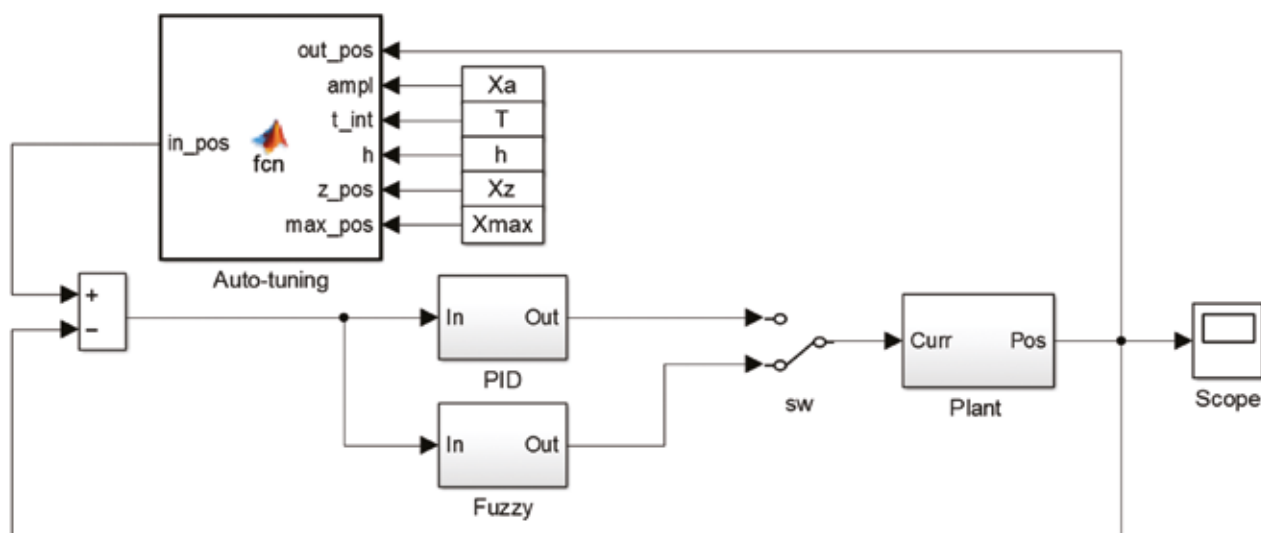


Рис. 2. Схема имитационной модели САУ с блоком автоматизированной настройки регуляторов

1. Задающее воздействие X , град. Система предназначена для позиционирования цифровой видеокамеры, что и определяет наиболее часто используемый тип задающего воздействия: плавно изменяющийся или ступенчатый сигнал задания небольшой амплитуды (в пределах поля зрения камеры). В качестве задающего воздействия выбираем ступенчатый сигнал с амплитудой $X_a = 1$ град.

2. Интервал наблюдения T , с. Выбирается с учетом максимальной скорости перемещения объекта управления и тестового задающего воздействия. При максимальной скорости перемещения 30 град/с система отработает воздействие X не более чем за 1 с. Выберем двойной запас с учетом возможных колебаний. Таким образом интервал наблюдения составит $T = 2$ с.

3. Шаг расчета критерия качества h , с. Время отработки системой воздействия X — не более 1 с. Необходимо выбрать достаточно малый шаг расчета, чтобы учесть быстрые изменения при отработке. Выберем минимально возможный шаг расчета для используемого оборудования $h = 0,001$ с.

4. Критерий качества. Для реализации алгоритма выбран комплексный показатель качества (3). Для исследования зададимся следующими значениями желаемых показателей: $\sigma_0 = 5\%$, $t_{\text{ППО}} = 0,35$ с, $e_{c0} = 0,1$ град и $k_1 = k_2 = k_3 = 0,3333$.

5. Начальное положение системы X_z , град. Относительно него будет проводиться процесс настройки. Обычно в качестве X_z принимается либо походное положение с нулевыми координатами, либо среднее положение рабочего диапазона, в котором происходит основная работа, либо положение, в котором система сбалансирована. В качестве начального выберем походное положение $X_z = 0$ град.

6. Зона ограничения X_{max} , град. В процессе настройки система может стать неустойчивой, что приведет к появлению значительных колебаний. Это следует постоянно отслеживать и отключать управляющее воздействие при достижении зоны ограничения, чтобы предотвратить повреждение оборудования. С учетом двойного запаса величина зоны ограничения составит $X_{\text{max}} = 2$ град.

7. Тип регулятора и количество настраиваемых коэффициентов. Для настройки выбраны классический ПИД-регулятор [11] и нечеткий регулятор [10, 11]. Таким образом для ПИД-регулятора настраиваются коэффициенты K_p , K_i , K_d ; для нечеткого — A , B , C , D .

Метод Хука — Дживса предполагает установку начального и конечного шагов изменения настраиваемых коэффициентов. На практике удобно использовать в качестве начального шага 10 % от порядка начального значения коэффициента. Один этап оптимизации предполагает изменение шага в 10 раз. Зададим три этапа оптимизации, вследствие чего для начального значения шага, равного 1, конечное значение должно быть равно 0,001.

В результате настройки регуляторов с помощью разработанного алгоритма на реальном образце САУ позиционирования цифровой видеокамеры определены следующие значения коэффициентов: $K_p = 2,4639$, $K_i = 0,121$, $K_d = 5,4342$ — для ПИД-регулятора и $A = 2687,1$, $B = 712480$, $C = 208460000$, $D = 8040$ — для нечеткого регулятора.

Показатели качества работы САУ с настроенными регуляторами приведены в таблице, графики переходных процессов работы САУ на имитационной модели — на рис. 3.

Показатели качества работы САУ

Тип регулятора	Время переходного процесса, с	Перерегулирование, %	Статическая ошибка, град
ПИД	0,345	0	0
Нечеткий	0,357	2,7	0

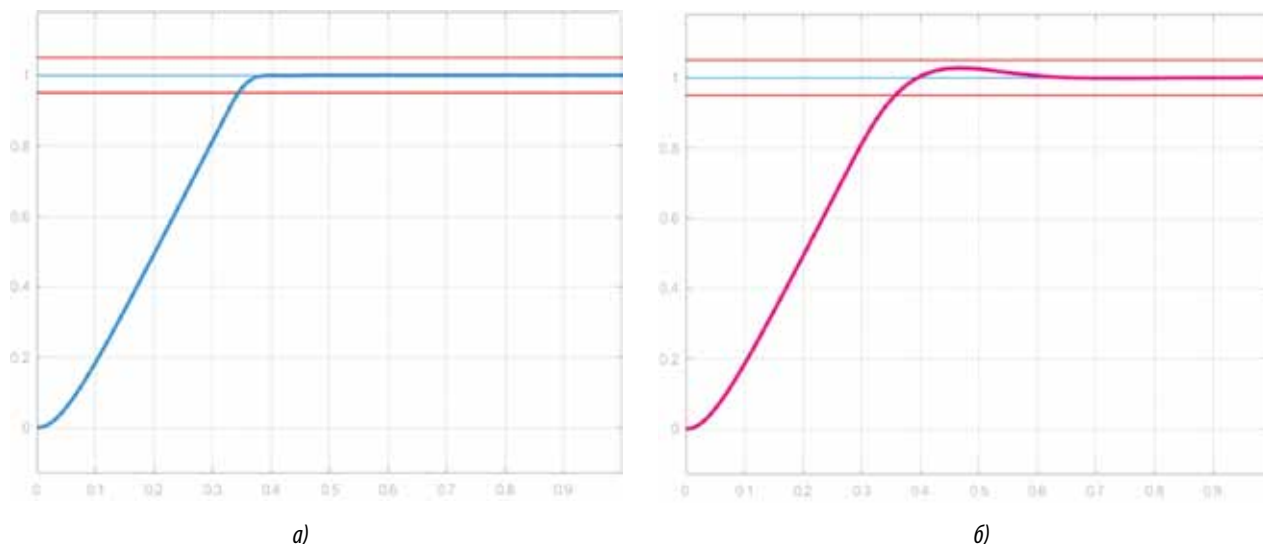


Рис. 3. Переходные характеристики САУ имитационной модели: а) с ПИД-регулятором; б) с нечетким регулятором

Графики переходных процессов работы САУ на экспериментальном образце оптической электронной системы приведены на рис. 4.

По результатам работы алгоритма автоматизированной настройки можно сделать следующие выводы. Время переходного процесса, величина перерегулирования и статической ошибки не превышает заданные ранее величины σ_0 , $t_{\text{ППО}}$, e_{c0} . После задания начальных параметров настройка происходит в автоматической режиме, без участия разработчика. Наложённые ограничения на величину максимального перемещения позволяют предотвратить повреждение оборудования в случае, когда система становится неустойчивой.

Заключение. Проведенные исследования показывают, что с помощью специально разработанного алгоритма и программного обеспечения может быть проведена настройка коэффициентов различных ЦР для систем типа «черный ящик» в автоматическом режиме. Работа программы непосредственно с реальным образцом САУ позволяет учитывать свойства системы, которые не могут быть учтены в математической модели, а также предотвратить повреждение оборудования в случае, когда система становится неустойчивой в процессе

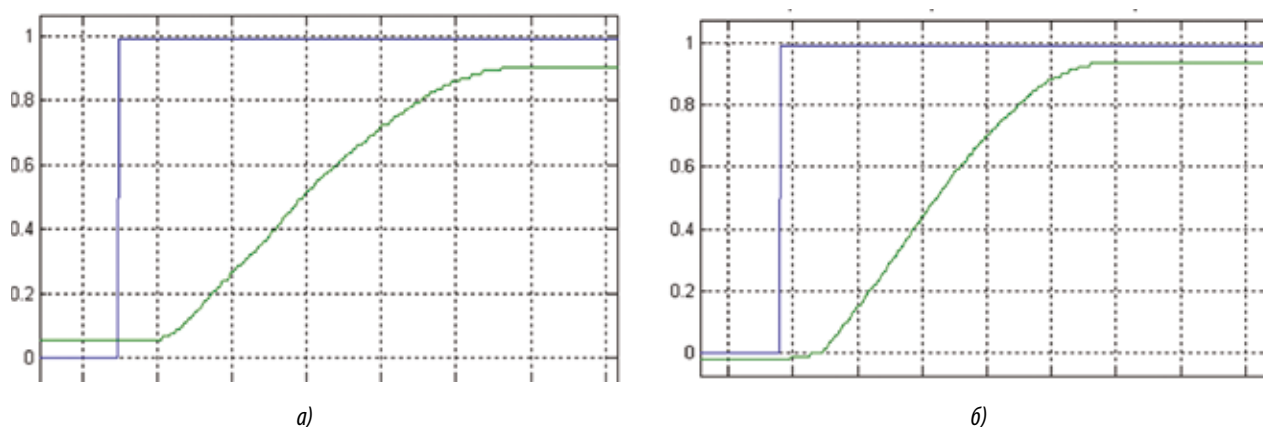


Рис. 4. Переходные характеристики САУ экспериментального образца: а) с ПИД-регулятором; б) с нечетким регулятором

настройки. Разработанный алгоритм является универсальным и позволяет осуществлять настройку коэффициентов различных ЦР. Использование разработанного метода автоматизированной настройки значительно упрощает процесс расчета ЦР, уменьшает трудоемкость и сокращает время синтеза регуляторов при проектировании цифровых САУ.

Литература:

1. Методы классической и современной теории автоматического управления: Учебник в 5 т. Т. 1: Математические модели, динамические характеристики и анализ систем автоматического управления / Н. Д. Егупов [и др.]; под общ. ред. Н. Д. Егупова. — М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2000. — 656 с.
2. Методы классической и современной теории автоматического управления: Учебник в 5 т. Т. 3: Синтез регуляторов систем автоматического управления / Н. Д. Егупов [и др.]; под общ. ред. Н. Д. Егупова. — М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004. — 616 с.
3. Åström, K. J. Automatic tuning of a digital controller / K. J. Åström, T. Hägglund, A. Wallenborg // IFAC Symposia Series. — 1992. — P. 285–290.
4. Tan, K. K. Robust Self-tuning PID Controller for Nonlinear Systems / K. K. Tan, S. Huang, R. Ferdous // Journal of Process Control. — 2002. — No. 12 (7). — P. 753–761.
5. Auto-tuning of fractional order $PI^{\lambda}D^{\mu}$ controllers using a PLC / C.A. Monje [et al.] // In Proceedings of the IEEE Conference on Emerging Technologies & Factory Automation, Palma de Mallorca, Spain, 22–25 September 2009.
6. Банди, Б. Методы оптимизации. Вводный курс: Пер. с англ. — М.: Радио и связь, 1998. — 128 стр.: ил.
7. Гостев, В. И. Синтез нечетких регуляторов систем автоматического управления / В. И. Гостев. — 3-е издание, исправленное и дополненное. — К.: Радиоаматор, 2005. — 708 с.
8. Eksin, I. Optimum setting of PID parameters via hybrid global optimization method in speed control of an induction machine / I. Eksin, M. Gokasan, M. Demiroz // Turkish Journal of Electric Engineering & Computer Science. — 1995. — No. 3(2–3). — P. 74–83.
9. Evaluation of the Performace of Various Fuzzy PID Controller Structures on Benchmark Systems / B. Akbiyik [et al.] // 4th International Conf. on Electrical and Electronics Engineering. — Bursa, 2005. — P. 388–393.
- Гостев, В. И. Нечеткие регуляторы в системах автоматического управления / В. И. Гостев. — К.: Радиоаматор, 2008. — 972 с.
10. Гостев, В. И. Системы автоматического управления с цифровыми регуляторами: Справочник / В. И. Гостев, В. К. Стеклов. — К.: Радиоаматор, 1998. — 704 с.

УДК 339.924:331.556.4 (1-67)

**КИТАЙСКИЙ ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ ИННОВАЦИЙ И ИЗМЕНЕНИЙ
НА РЫНКЕ ТРУДА ДЛЯ РАЗВИТИЯ
ЕВРАЗИЙСКОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО СОЮЗА**

**THE CHINESE EXPERIENCE OF INNOVATION AND CHANGES
IN THE LABOR MARKET FOR THE DEVELOPMENT
OF THE EURASIAN ECONOMIC UNION**

Е Юйху,

аспирант Белорусского государственного университета, г. Минск, Республика Беларусь

Ye Yuhu,

PhD Student, Belarusian State University, Minsk, Republic of Belarus

Дата поступления в редакцию — 04.10.2022.

В статье анализируются изменения на рынке труда Китая, вызванные инновационным развитием Китая, изменением структуры экономики, автоматизацией, распространением интернет-технологий, старением населения, что представляет научный и практический интерес для стран — членов Евразийского экономического союза.

The article analyzes changes in the China labor market caused by the innovative development of China, a change in the structure of the economy, automation, the spread of Internet technologies, and the aging of the population, which is of scientific and practical interest for the EAEU countries.

Ключевые слова: инновации, человеческие ресурсы, инновационное развитие, рынок труда.

Key words: Innovation, human resources, innovative development, labor market.

Введение. В настоящее время Китай ведет поиск эффективной стратегии роста, основываясь на инновационном развитии и стимулировании внутреннего потребления. Инновационная система Китая постоянно развивается [1]. С момента проведения политики реформ и открытости в 1970-х гг. Китай активно отстаивал концепцию инновационного развития и добился больших успехов. Китай был единственной страной со средним уровнем дохода, входящим в топ-30 стран, занимая 14-е место в Глобальном инновационном индексе (ГИИ) 2020 г. В рейтинге ГИИ 2022 Китай занял 11-е место [2].

В 2020 г. Китайская исследовательская группа Национального бюро статистики подсчитала, что индекс инноваций в Китае в 2020 г. достиг значения 242,6, что на 6,4 п. п. выше, чем в предыдущем году. 19 из 21 показателя в четырех подсекторах показали улучшение по сравнению с предыдущим годом [3]. Китай добился немалых успехов в развитии инновационных процессов. Это отмечают авторы, занимающиеся исследованием конкурентных особенностей инновационного развития Китая (Дж. С. Ип и Б. Маккерн, Ли Кайфу, Сяолань Фу, Е. С. Ботеновская, Е. Л. Давыденко, Чжан Пэнфэй и др.) [1, 4–9]. В то же время существует ряд проблем, анализ которых представляет интерес для исследователей инновационного развития стран — членов Евразийского экономического союза (ЕАЭС).

Целью приводимого исследования является анализ факторов на рынке труда Китая, влияющих на темп его инновационного развития, с отражением их влияния на инновационные изменения в ЕАЭС.

Сформулированы следующие задачи исследования:

- идентификация проблем на рынке труда, влияющих на динамику инновационного развития Китая;
- статистический и факторный анализ проблемных ситуаций и процессов изменений на рынке труда в связи с инновационным развитием Китая;
- формирование рекомендаций по использованию опыта Китая на рынке труда ЕАЭС в инновационной политике стран-членов.

Решение указанных задач может способствовать повышению эффективности социально-экономического сотрудничества в инновационном развитии Китая и стран — членов ЕАЭС.

Тенденции изменений на рынке труда Китая в процессе инновационной перестройки экономики

1. В определенной степени инновации увеличили стоимость занятости на предприятиях и давление на инвестиции в социальный капитал. По мере развития образования в Китае доля населения с высшим образованием в общей численности населения постепенно увеличивается, и Китай получает преимущества не от количества населения, а от населения с качественным образованием. Это означает, что Китай перейдет от промышленного пути, основанного на традиционном производстве в прошлом, к новой промышленной

модели развития, основанной на высокотехнологичных инновационных отраслях. Для развития инноваций человеческие ресурсы являются наиболее важным движущим фактором. Китай всегда придавал большое значение развитию образования и развитию инновационных талантов, особенно в развитии естественных наук. Интерпретируя Индекс инноваций Китая 2020 г., Ли Инь, главный статистик Департамента социальных и гуманитарных наук Китайского международного статистического бюро, упомянул, что индекс численности китайской рабочей силы с высшим образованием и индекс доли выпускников естественных наук и инженерных специальностей среди населения инновационно активного возраста достигли двузначного роста. Выпускники естественнонаучных и технических специальностей являются потенциальным ресурсом для технологических инноваций и важным показателем основных международных систем оценки инноваций, таких как Европейский инновационный индекс. В 2020 г. число выпускников инженерных, агрономических и медицинских колледжей в Китае составило 2,434 млн человек, что на 172 000 человек больше, чем в предыдущем году (рост на 7,6 п. п.), что стало новым максимумом с 2013 г. [3].

Активное повышение качества образования населения может эффективно способствовать повышению инновационного потенциала и повышению эффективности трансформации результатов инноваций в технологии, производство и конкурентоспособный продукт. Это также может позволить инновационным продуктам выйти на более широкий потребительский рынок и стимулировать инновационный потенциал предприятий и занятых в инновационной деятельности сотрудников.

В конце 2020 г. количество пользователей мобильного Интернета в Китае достигло 1,349 млрд, что на 2,3 % больше, чем в предыдущем году; трафик мобильного доступа в Интернет достиг 165,6 млрд гигабайт, что в 1,36 раза и 80,3 раза больше, чем в 2019 и 2014 гг. соответственно. Число пользователей фиксированного широкополосного доступа в Интернет достигло 480 млн, что на 7,6 % больше, чем в предыдущем году. Такие предприятия, как онлайн-офисы, удаленные консультации и бесконтактная доставка, получили широкое развитие. Офлайн-компании одна за другой развивали онлайн-бизнес, поэтому новые потребительские форматы и новые модели продолжали быстро развиваться. Данные показывают, что в 2020 г. объем транзакций китайской платформы электронной коммерции достиг 37,2 трлн юаней, что на 4,5 % больше по сравнению с аналогичным периодом прошлого года [10]. Основанные на инновациях продукты и услуги легче воспринимаются и потребляются высококачественными потребителями. Если национальное качество всего общества в целом низкое, то товары и услуги, преобразованные и полученные в результате новых инновационных достижений, будет трудно продвигать и потреблять.

Независимо от рассмотрения источника инноваций и развития или рассмотрения конечных продаж инновационных продуктов Китай всегда ставил человеческие ресурсы на самое важное место в вопросах инноваций и активно улучшал общее качество жизни граждан. К 2020 г. доля выпускников научных и технических специальностей китайских университетов и колледжей среди населения соответствующего возраста увеличилась вдвое по сравнению с 2005 г., а количество людей с высшим образованием в составе рабочей силы утроилось по сравнению с 2005 г.

Трансформация промышленной структуры Китая, некоторые из прошлых моделей образования и методы обучения талантов не способствуют постоянным инновациям и развитию экономики Китая (автор использовал принятый в китайской риторике термин «таланты», интерпретируемый в русском языке как «компетенции» по отношению к инновационному развитию).

При проведении инновационной и инвестиционной политики в высокотехнологичную отрасль были направлены различные ресурсы, что облегчило возможность занять высокие должности (позиции) выпускникам естественных и технических специальностей, в то время как выпускникам гуманитарных наук тяжелее получить соответствующие профессиональные позиции. Разрыв в доходах между выпускниками гуманитарных и естественных наук постепенно увеличивается. С годами увеличивалось количество выпускников колледжей и университетов, но темпы роста спроса общества на таланты в области гуманитарных наук не соответствуют опережающему предложению. Напротив, некоторые позиции имеющегося гуманитарного спроса постепенно «сжимались» из-за внедрения инновационных технологий.

Чтобы избежать избытка высококвалифицированных талантов в некоторых отраслях и увеличения разрыва в доходах, необходимо провести реформу модели образования и скорректировать ее в соответствии с планом развития национальной инновационной системы. В настоящее время Китай внес ряд изменений в модель реформы образования для решения данной проблемы. Такие изменения заключаются в сокращении и ограничении специальностей, которым трудно получить работу в реальном секторе экономики. Путем корректировки количества вступительных экзаменов в старшие классы средней школы некоторые учащиеся будут переведены в средние и высшие профессионально-технические колледжи, чтобы предоставить необходимый профессионально-технический персонал для обрабатывающей промышленности. В 2021 г. спрос китайского рынка талантов на старших технических специалистов, талантов средней квалификации и высококвалифицированных специалистов увеличился на 155,5, 31,2 и 27,6 % соответственно. Спрос на таланты на младших и средних профессиональных и технических должностях увеличился на 12,3 и 6,2 % соответственно [11]. Для развития инноваций необходимы не только лучшие научно-технические новаторские таланты, следует также активно развивать профессиональные и технические таланты, повышать их способности, чтобы соответствовать требованиям количества и качества высококачественной рабочей силы в обрабатывающей промышленности и сфере услуг в эпоху новой индустриализации и цифровой экономики.

Выход на рынок талантов большого количества высококвалифицированных работников, с одной стороны, в значительной степени помог предприятиям и обществу в улучшении их инновационных возможностей, а с другой стороны, они также увеличили затраты на трудоустройство. Высококвалифицированные таланты будут иметь более высокие требования к ожидаемой заработной плате, что также является проблемой для многих предпринимательских компаний, не связанных с высокими технологиями (табл. 1).

Из приведенных выше данных видно, что среднемесячная заработная плата в Китае росла относительно быстро. Это связано не только с ценовыми факторами, но и с постепенным улучшением квалификации работающего населения Китая в последние годы. Из-за увеличения затрат на образование новое более квалифицированное население неизбежно будет выдвигать более высокие требования к заработной плате. Темпы роста заработной платы на государственных предприятиях Китая выше, чем на частных предприятиях. Это также показывает, что улучшение качества населения несомненно увеличило операционное давление на предприятия, поскольку частные предприятия обычно слабее государственных предприятий с точки зрения эксплуатационных расходов. Поэтому повышение заработной платы сотрудников будет меньше, чем у государственных предприятий, значит, будет разница в увеличении заработной платы.

Видно, что выход качественных работников на рынок талантов выдвигает более высокие требования к компаниям. Если компания не является инновационной, а относится к традиционной

Таблица 1

Среднемесячная заработная плата в Китае и странах — членах ЕАЭС, долл. США

	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.
Армения	359	363	368	358	380
Беларусь	413	361	426	476	522
Казахстан	588	418	463	422	485
Кыргызстан	209	212	228	239	246
Россия	561	549	671	699	733
Средняя заработная плата работников городских частных предприятий Китая	529	537	564	624	647
Средняя заработная плата работников городских государственных предприятий Китая	829	847	917	1037	1093

Источник: составлено автором на основе [12, с.13; 13, с.124–129].

Примечание: обменный курс рассчитывается на конец года.

отрасли услуг или трудоемкой обрабатывающей промышленности, то столкнется с повышенными затратами на рабочую силу или ей будет трудно нанять сотрудников, когда затраты на рабочую силу остаются прежними.

По данным 2018 г., в Кыргызстане, где самая слабая экономика в ЕАЭС, проживает 21 % людей с высшим образованием [14].

В настоящее время количество людей с высшим образованием в Китае составляет 15,12 % от общей численности населения, но это 218 360 767 человек, большинство из которых — молодые люди трудоспособного возраста (20–34 года). Со временем доля населения Китая с высшим образованием будет продолжать расти, причем темпы роста будут очень высокими, а затраты на рабочую силу китайских предприятий будут постепенно увеличиваться. Этот сценарий не способствует развитию традиционных отраслей услуг и трудоемких частных предприятий в развивающихся странах. Увеличение затрат на рабочую силу ослабит энтузиазм части частного капитала инвестировать в предпринимательство, в частности уменьшит масштаб инвестиций социального капитала и окажет определенное влияние на масштабы занятости всего общества.

2. Корректировка промышленной структуры, вызванная инновациями, спровоцировала некоторый рост безработицы. Хотя инновации приносят пользу всему обществу и экономике, они неизбежно оказывают в определенном смысле негативное воздействие на общество. Это как палка о двух концах, проверяющая все аспекты общественного развития. Проблема безработицы, вызванная инновациями, является типичным примером. Для любой страны или региона безработица — неизбежная проблема, к которой нужно относиться серьезно. Существует множество факторов, вызывающих безработицу, но структурная безработица и фрикционная безработица, возникающие в процессе инноваций и развития, несомненно заслуживают внимания.

Как видно из данных табл. 2, безработное население в Китае увеличивалось с 2016 по 2020 гг. Число безработных в Китае в 2020 г. значительно возросло по сравнению с 2019 г., что отчасти связано с эпидемией.

Таблица 2

Количество людей, получающих пособие по безработице, и расходы фондов страхования по безработице в Китае с 2016 по 2020 гг. [15]

	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.
Количество людей, получающих пособие по безработице в конце года (10 000 человек)	230	220	223	228	270
Годовые расходы фонда страхования от безработицы (100 млн юаней)	976	894	915	1333	2103

Однако нельзя отрицать, что с непрерывным развитием инноваций в Китае часть рабочей силы имеет структурную и фрикционную безработицу из-за ее неспособности адаптироваться к новым инновационным технологическим достижениям и новым инновационным режимам производства. Спрос на рынке труда Китая начал претерпевать большие изменения, как видно из текущего спроса на рабочие места в различных отраслях Китая (табл. 3). Рынок талантов Китая имеет более высокий спрос на таланты в области науки и техники, что также согласуется с тем фактом, что Китай активно продвигает инновации в области высоких технологий.

Таблица 3

Потребность государственных учреждений по трудоустройству талантов по отраслям, %

	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.
Производство	32,7	33,2	28,4	34,9	42,1
Оптовая и розничная торговля	13,6	12,8	14	12,6	3,6
Гостиничный бизнес и общественное питание	10,1	10,0	9,8	7,0	10,0
Услуги домашним хозяйствам, ремонт и другие услуги	9,7	9,4	10,0	9,5	8,7
Аренда и бизнес-услуги	7,0	8,9	9,2	4,1	4,1
Сфера услуг передачи информации, программного обеспечения и информационных технологий	5,1	5,0	4,0	5,3	7,2
Строительная промышленность	4,5	3,5	4,6	5,1	4,9

Источник: составлено автором на основе [16].

Примечание: в 2017 г. — с использованием данных за II квартал, в 2018 г. — с использованием данных за IV квартал, в 2019 г. — с использованием данных за IV квартал, в 2020 г. — с использованием данных за II квартал, в 2021 г. используются данные за I квартал.

Как видно из приведенных выше данных, спрос на трудоустройство в обрабатывающей промышленности, строительстве, сфере передачи информации, программного обеспечения и услуг в области информационных технологий, то есть в отраслях, которые нуждаются в большом количестве выпускников научных и технических специальностей, постоянно увеличивается. В частности, в I квартале 2021 г. спрос на таланты в сфере научных исследований и технологических услуг увеличился на 80,7 % по сравнению с предыдущим годом. В отраслях оптовой и розничной торговли, лизинга и бизнес-услуг, которые привлекают выпускников гума-

нитарных наук, спрос на трудоустройство существенно не изменился. Причина этого явления заключается в том, что в последние годы, благодаря развитию интернет-технологий в Китае, большое количество инновационных достижений было применено в электронной коммерции и логистике, что сократило объем работы, которая раньше требовала большого количества рабочей силы. В частности, интеллектуальные роботы широко используются в областях электронной коммерции для заказов, сортировки, упаковки и доставки, а также в терминалах распределения и послепродажного обслуживания клиентов.

Ситуация с безработицей населения из-за инноваций также заслуживает внимания государств — членов ЕАЭС.

Таблица 4

Уровень безработицы в Китае и странах — членах ЕАЭС, %

	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.
Армения	18,5	18	17,8	20,5	18,5
Беларусь*	5,2	5,8	5,6	4,8	4,2
Казахстан	5,1	5,0	4,9	4,9	4,8
Кыргызстан	7,6	7,2	6,9	6,2	–
Россия**	5,6	5,5	5,2	4,8	4,6
ЕАЭС	5,7	5,7	5,4	5,0	4,8
Зарегистрированный уровень безработицы городского населения в Китае	–	4,02	3,9	3,8	3,62

* По данным выборочного обследования домашних хозяйств.

** Данные за 2018 г. и далее приведены по населению в возрасте 15 лет и старше.

Источник: составлено автором на основе [12, с. 28; 15].

Из приведенных выше данных видно, что уровень безработицы в странах — членах ЕАЭС относительно стабилен в определенный период, но уровень безработицы в каждой стране — члене ЕАЭС выше, чем зарегистрированный уровень безработицы городского населения Китая. Уровень безработицы в Армении почти в 5 раз превышает зарегистрированный уровень безработицы городского населения Китая. Если страны — члены ЕАЭС будут активно развивать инновационные отрасли, особенно такие, как искусственный интеллект и интернет-маркетинг, которые заменяют ручное управление, может возникнуть проблема потери рабочих мест.

Потеря рабочих мест в результате внедрения новых бизнес-моделей искусственного интеллекта может вызвать сильное давление на систему социального обеспечения в течение определенного периода и увеличить стоимость социального обеспечения. Как видно из предыдущих данных, рост безработицы в Китае увеличил расходы фонда страхования от безработицы с 97,6 млрд юаней в 2016 г. до 210,3 млрд юаней, что является тяжелым финансовым бременем для страны. В Китае, где уровень рождаемости падает, а доля высококвалифицированного населения трудоспособного возраста постепенно увеличивается, в ближайшем будущем ситуация с потерей рабочих мест в некоторой степени улучшится. Следовательно, для стран со стабильным уровнем рождаемости переход к инновациям в трудоемких отраслях должен происходить относительно плавно. В процессе инновационного развития необходимо своевременно проводить целевые и эффективные тренинги по повторному трудоустройству и повышению квалификации людей, которые вынуждены терять работу

в процессе корректировки производственной структуры. Это требует от страны инвестирования достаточных средств и кадров в сфере социального образования для развития профессионального образования.

Люди, которые вынуждены потерять работу из-за перестройки промышленной структуры, так называемого процесса «созидательного разрушения», по причине несоответствия навыков не могут удовлетворять потребности в инновациях и развитии социальной продуктивности. Если они не могут повысить свою работоспособность, и общество не оказывает помощь с трудоустройством, то через некоторое время они постепенно потеряют свою конкурентоспособность на рынке талантов. Эти люди будут вынуждены снизить выбор работы и уровень жизни и даже спровоцировать преступления. Ухудшение условий жизни безработных отрицательно скажется на воспитании и образовании их следующих поколений, вызывая снижение общего качества основной рабочей силы страны. Разрыв между богатыми и бедными в обществе будет увеличиваться, экономическое и социальное развитие также будут деформированными.

Чтобы люди, которые потеряли работу из-за технологических инноваций в производстве и услугах, могли трудоустроиться, китайское правительство прилагает все усилия для повышения квалификации профессионального и технического персонала. В 2020 г. правительство Китая провело 210 курсов повышения квалификации, обучив более 13 000 технических специалистов высокого уровня. Обучение для дефицитных кадров прошли 1,11 млн человек. Было построено 20 баз непрерывного образования на уровне штата для профессионального и технического персонала, в результате чего их общее число достигло 200. Что касается подготовки инновационных талантов высокого уровня, то к 2020 г. Китай принял на работу и обучил 261 000 докторантов [17].

Опыт инновационного развития Китая показывает, что безопасность человеческих ресурсов является важным критерием оценки успешности инновационного развития. Только оптимизировав реформу национальной системы образования, предоставив своевременную помощь людям, потерявшим работу из-за вызванных автоматизацией потрясений на рынке труда, путем обучения, тренингов, переквалификации, можно уменьшить негативное социальное воздействие инноваций. Это способствует поддержанию социальной стабильности и повышению качества рабочей силы в стране в целом. Необходимо эффективно поддерживать механизмы и системы обучения и переподготовки кадров в области инноваций, модернизацию и трансформацию трудоемких производств. Эти механизмы и системы могут гарантировать, что качество рабочей силы всегда будет соответствовать потребностям нового промышленного образца в адаптации промышленного производства. В противном случае произойдет утечка мозгов на высоком уровне, качество человеческих ресурсов снизится, а нехватка профессиональных кадров серьезно ограничит прорыв инновационных технологий и трансформацию достижений.

Заключение. Статистический и факторный анализ тенденций изменений на рынке труда Китая в ходе инновационной перестройки экономики выявил две доминирующие проблемы, существенно влияющие на динамические характеристики инновационного процесса:

- увеличение стоимости занятости на предприятиях и давления на инвестиции в социальный капитал;
- незначительный рост безработицы.

Проявление этих проблем на рынке труда в интегрированном экономическом пространстве ЕАЭС, а также в отдельных странах-членах, может замедлить темпы инновационного развития.

Приведенный китайский опыт в разрешении указанных проблем показывает, что эффективным механизмом снижения степени их влияния на динамику инновационного развития является эффективное государственное стратегическое планирование изменений на рынке труда.

В основу управления привлекаемыми человеческими и инвестиционными ресурсами должен быть положен корректируемый баланс между инновационными потребностями отраслей и экономики в целом и возможностями по их обеспечению рынком труда с имеющимся на нем интеллектуальным капиталом.

Необходимый интеллектуальный ресурс обеспечивается организационной обратной связью в цепи «инновационные потребности — инновационные компетенции (таланты)» инструментами образования, государственно-частного партнерства в распределении интеллектуального потенциала.

Корректируемый инвестиционно-ресурсный баланс и организационная обратная связь в управлении инновационными изменениями в экономике должны быть важнейшими функциями национальной инновационной системы.

Литература:

1. Ботеновская, Е. С. Конкурентные особенности инновационного развития Китая / Е. С. Ботеновская // *Новости науки и технологий*. — 2016. — № 4 (39). — С. 28–36.
2. The Global Innovation Index 2022 // <https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo-pub-2000-2022-section1-en-gii-2022-at-a-glance-global-innovation-index-2022-15th-edition.pdf>
3. 国家统计局社科文司首席统计师李胤解读2020年中国创新指数(Ли Инь, главный статистик Департамента социальных наук Международного бюро статистики, интерпретирует Индекс инноваций Китая 2020 г.) [Электронный ресурс]. — *中国国家统计局(Национальное бюро статистики Китая)*. — Режим доступа: http://www.stats.gov.cn/tjsj/sjjd/202110/t20211029_1823943.html. — Дата доступа: 29.10.20
4. Botenovskaya, E. S., Ye Yuhu Innovation trends in China // *Международные отношения: история, теория, практика: материалы XII науч.-практ. конф. молодых ученых фак. междунар. отношений БГУ, Минск, 3 февр. 2022 г.* / Белорус. гос. ун-т; редкол.: Е. А. Достанко (гл. ред.) [и др.]. — Минск: БГУ, 2022. — С. 555–560.
5. Давыденко, Е. Л. Индустриальные парки в мировой экономике: теория, модели регулирования, эффективность функционирования в Республике Беларусь / Е. Л. Давыденко, Чжан Пэнфэй. — Минск: ИВЦ Минфина, 2022. — 262 с.
6. Lee Kai-Fu, *AI superpowers: China, Silicon Valley, and the new world order* / Kai-Fu Lee. Boston: HoughtonMifflinHarcourt, 2018.
7. Yip, G. S., McKern, B. *China's next strategic advantage: From imitation to innovation*. — MIT Press, 2016.
8. Fu X., McKern B., Chen J. (ed.). *The Oxford Handbook of China Innovation*. — Oxford University Press, 2021.
9. Fu X. *China's path to innovation*. — Cambridge University Press, 2015.
10. 国家统计局统计科学研究所所长闫海琪解读2020年中国经济发展新动能指数(Ль Хайци, директор Института статистических наук Национального бюро статистики, объясняет Индекс новых драйверов экономического развития Китая в 2020 году) [Электронный ресурс]. — *中国国家统计局(Национальное бюро статистики Китая)*. — Режим доступа: http://www.stats.gov.cn/tjsj/sjjd/202107/t20210726_1819836.html. — Дата доступа: 30.10.2021.
11. 2021 年第一季度部分城市公共就业服务机构市场供求状况分析(Анализ рыночного спроса и предложения учреждений государственной службы занятости в некоторых городах в первом квартале 2021 г.) [Электронный ресурс]. — *中华人民共和国人力资源和社会保障部(Министерство людских ресурсов и социального обеспечения Китайской Народной Республики)*. — Режим доступа: http://www.mohrss.gov.cn/hxgk2020/fdzdgnr/jy_4208/jyscgqfx/202108/t20210806_420212.html. — Дата доступа: 30.10.2021
12. Евразийский экономический союз в цифрах: краткий статистический сборник; Евразийская экономическая комиссия. — М., 2020. — С. 13.
13. 中国国家统计局(Национальное бюро статистики Китая). *中国统计年鉴2020 (Статистический ежегодник Китая 2020)* — 北京: 中国统计出版社 (Пекин: Статистическая пресса Китая, 2020. — 124–129页 (с. 124–129). Примечание: обменный курс рассчитывается на конец года.

14. Evgeny Vinokurov Introduction to the Eurasian Economic Union. Switzerland: Springer Nature Switzerland AG. — 2018. — P. 90.

15. 人力资源和社会保障事业发展统计公报 (2016–2020年) (Статистический бюллетень о развитии кадровых ресурсов и социальной защиты за 2016–2020 гг.) [Электронный ресурс]. — 中华人民共和国人力资源和社会保障部 (Министерство людских ресурсов и социального обеспечения Китайской Народной Республики) — Режим доступа: <http://www.mohrss.gov.cn/SYrlzyhshbzb/zwgk/szrs/tjgb/>. — Дата доступа: 30.10.2021.

16. 中国部分城市公共就业服务机构市场供求状况分析报告 (2017–2021年) (Отчет о рыночном спросе и предложении государственных служб занятости в некоторых городах Китая (2017–2021 гг.)) [Электронный ресурс] — 中华人民共和国人力资源和社会保障部 (Министерство людских ресурсов и социального обеспечения Китайской Народной Республики) — Режим доступа: <http://www.mohrss.gov.cn/SYrlzyhshbzb/zwgk/szrs/sjfx/>. — Дата доступа: 30.10.2021.

17. 2020 年度人力资源和社会保障事业发展统计公报 (Статистическое коммюнике о развитии человеческих ресурсов и социального обеспечения 2020 г.) [Электронный ресурс]. — 中华人民共和国人力资源和社会保障部 (Министерство людских ресурсов и социального обеспечения Китайской Народной Республики) — Режим доступа: http://www.mohrss.gov.cn/SYrlzyhshbzb/zwgk/szrs/tjgb/202107/t20210726_419319.html. — Дата доступа: 30.10.2021.

УДК 338.242

ПРОЦЕДУРА ЗАКУПОК В СТРОИТЕЛЬСТВЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЕЙТИНГА КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ

PROCUREMENT PROCEDURES IN THE CONSTRUCTION SECTOR USING THE COMPETITIVENESS RATING OF CONSTRUCTION COMPANIES

В. Н. Шаховская,

аспирант Белорусского национального технического университета, г. Минск, Республика Беларусь

V. Shakhovskaya,

Postgraduate Student of the Belarusian National Technical University, Minsk, Republic of Belarus

Дата поступления в редакцию — 04.08.2022.

В статье рассмотрены общие вопросы организации и проведения процедур закупок в строительстве. Сформулированы недостатки оценки и выбора строительной организации при проведении конкурентных процедур закупок, основываясь на отраслевой специфике и особенностях организационного и производственного процесса выполнения заказа на строительство объекта. Предложен порядок организации и проведения процедур закупок в строительстве с использованием рейтинговой системы оценки конкурентоспособности организаций, определяющий новый порядок отбора строительных организаций на основе комплексного отслеживания их деятельности на рынке подрядных работ, начиная со стадии выбора и заканчивая исполнением всех обязательств по договору строительного подряда. Обоснована эффективность внедрения рейтинговой системы в процедуры закупок в строительстве на государственном уровне и на уровне заказчика.

The article deals with the general issues of organization and conduct of procurement procedures in construction. The shortcomings of the assessment and selection of a construction organization in conducting competitive procurement procedures in construction are formulated, based on the industry specifics and features of the organizational and production process of fulfilling the order for the construction of the facility. The procedure for organizing and conducting procurement procedures in construction using the rating system for assessing the competitiveness of construction organizations has been proposed, which determines a new procedure for selecting construction organizations on the basis of comprehensive monitoring of their activities in the contracting market, starting from the selection stage and ending with the fulfillment of all obligations under the construction contract. The effectiveness of the introduction of the rating system in procurement procedures in construction at the state level and at the customer level has been substantiated.

Ключевые слова: процедуры закупок, рейтинговая система оценки конкурентоспособности, строительная организация.

Key words: procurement procedures, rating system of assessing competitiveness, construction organization.

Введение. Строительство — это одна из сложных и дорогостоящих областей человеческой деятельности со своими отраслевыми специфическими особенностями, влияющими на развитие любого государства. Более половины общей стоимости всех закупаемых товаров, работ и услуг в государстве приходится именно на строительную сферу. От выверенного в правовом аспекте регулирования закупочного процесса в строительной деятельности напрямую зависит эффективность направляемых в строительство инвестиций.

Государство предусмотрело, что данный закупочный процесс строится не только на принципах оптимального и эффективного расходования средств, направляемых на закупки, но и на принципах информационной открытости и прозрачности самой процедуры закупки, развития добросовестной конкуренции, посредством которой и достигается баланс между стоимостными показателями предмета закупки и административными усилиями, затратами на организацию и проведение закупочных процедур, качеством и потребительскими свойствами предмета закупки.

Исследования вопросов развития системы государственных закупок и потребности выделения строительных работ в самостоятельный объект закупок описаны в научных трудах Р. А. Герасимова [1], Ю. А. Шавылиной [2], С. В. Станякина [3] и др. В последнее время пристальное внимание ученых сосредоточено на проблемах правового регулирования и путей совершенствования системы государственных закупок, используемых при конкурентном отборе участников строительного производства [4, 5, 6, 7].

Одной из таких проблем, требующей научной проработки, является совершенствование порядка определения строительных организаций, предусмотренного законодательством о государственных закупках для строительной отрасли, исходя из отраслевой специфики и особенностей организационного и производственного процесса выполнения заказа на строительство объекта.

Основная часть. Большое влияние на установление отечественных правил государственных закупок в строительстве оказали интеграционные процессы в рамках построения единого экономического пространства государствами — членами Евразийского экономического союза.

Строительная отрасль Республики Беларусь с июля 2021 г. после неоднократных отрицательных экспериментов в 2013, 2016, 2019 гг. была переведена с отраслевого законодательства о закупках товаров (работ, услуг) при строительстве на единое для всех отраслей экономики законодательство о государственных закупках: Закон Республики Беларусь от 13 июля 2012 г. № 419-З «О государственных закупках товаров (работ, услуг)».

Законодателем для выбора строительной организации были определены следующие виды процедур закупок:

- конкурентные: электронный аукцион (открытый, закрытый), процедура запроса ценовых предложений (открытая, закрытая), открытый конкурс с ограниченным участием, закрытый конкурс;
- неконкурентный: процедура закупки из одного источника.

Выбор процедуры закупки в каждом конкретном случае зависит от следующих обстоятельств:

- ориентировочной стоимости годовой потребности в строительных работах, указанной в годовом плане государственных закупок;

- дополнительных ограничительных условий применения конкретной процедуры закупки, установленных законодательством.

Базовым видом конкурентных процедур установлен открытый электронный аукцион. Проведение конкурса ограничено условиями применения других видов процедур государственных закупок, указанных выше.

Согласно статистическим данным, в 2021 г. на электронный аукцион пришлось 26,5 % от всех процедур закупок, на процедуру запроса ценовых предложений — 11,5 %, на открытый конкурс с ограниченным участием, предусмотренный только для строительной отрасли, — всего 0,03 % [8]. Около 60 % закупок от их общего числа проводились в Республике Беларусь из одного источника. Это существенно ограничивает конкурентную среду в строительной отрасли и увеличивает возможность для злоупотреблений при их проведении, о чем свидетельствует отечественная практика проведения государственных закупок и международный опыт [9].

Критериальный инструмент выбора строительной организации для каждого вида процедур государственных закупок приведен на рис. 1.

Из приведенной выше информации видно, что наименьшая цена предложения становится единственным критерием выбора строительной организации и только в исключительных случаях строительная организация выбирается с учетом ее квалификации и других нестоимостных условий по строительству объекта (качество, сроки, инновационные предложения по строительству объекта, порядок оплаты за выполненные работы и т. д.).

Данный подход является шагом назад по отношению к создаваемой более четверти века отраслевой системе закупок в строительстве в Республике Беларусь, где во главу угла был поставлен предварительный квалификационный отбор строительных организаций, способных выполнить заказ на строительство объекта, и только потом рассматривались и оценивались ценовые предложения по строительству объекта для исключения участия и победы организаций с низкой квалификацией, предложивших меньшую цену.

Предусмотренный инструментарий для выбора строительной организации оказывается недостаточным для принятия заказчиками достоверно правильных решений по выбору победителей конкурентных процедур закупок, исходя из отраслевых особенностей строительной сферы, где, в отличие от других отраслей экономики, закупается не готовая продукция, а способность строительной организации выполнить заказ качественно и в срок. На это указывают данные по количеству расторгнутых договоров строительного подряда, заключенных по результатам государственных закупок, по причине невозможности организации исполнить договорные обязательства, принятые по результатам процедур закупок. Таких договоров, согласно международной практике, ежегодно насчитывается до 40 % [10].

Другой проблемой, приводящей к признанию процедур государственных закупок несостоявшимися на этапе проведения закупки, является предоставление участниками предложений низкого качества, содержащих порой недостоверную информацию, как по квалификации участников, так и качественным, техническим, технологическим, временным условиям строительства объекта. В связи с этим такие предложения участников отклоняются в лучшем случае на начальном этапе их рассмотрения и допуска для сравнения и оценки, как это предусмотрено при проведении процедуры запроса ценовых предложений, конкурса с ограниченным участием, а в худшем случае — на завершающем этапе подведения итогов процедуры, пройдя этап анонимных онлайн торгов по цене, как это предусмотрено при открытом

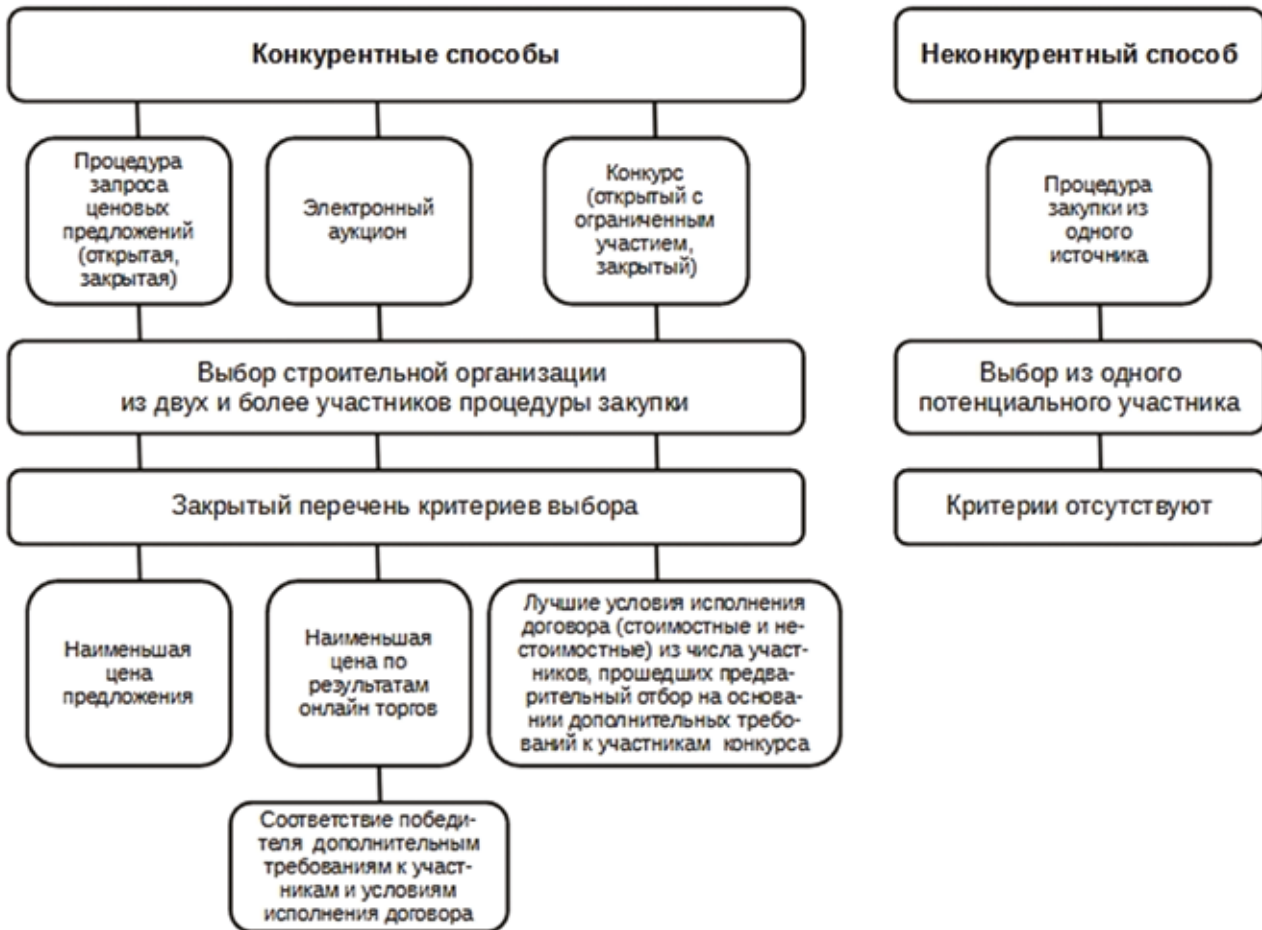


Рис. 1. Критерии выбора строительной организации при получении заказа на строительство объектов

Источник: разработка автора.

электронном аукционе, исходя из методических подходов к его проведению. В итоге это приводит к увеличению сроков выбора строительных организаций, особо остро эта проблема проявляется в ходе электронного аукциона.

Так, сроки проведения электронного аукциона, приведенные на рис. 2, показывают, что в целом на процедуру базового способа закупок заказчики тратят от 89 до 134 календарных дней, не считая времени на подготовку к его проведению. Этап проведения онлайн-торгов по цене и проверки участника, сделавшего последнюю ставку, на соответствие аукционной документации и дополнительным требованиям к участникам составляет от 39 до 84 календарных дней. В случае отклонения участника-победителя как не отвечающего квалификационным требованиям и условиям аукционной документации требуется проведение повторной процедуры, что в итоге к указанным выше срокам добавляет дополнительно с учетом норм законодательства еще от 84 до 129 календарных дней, что, с одной стороны, существенно отодвигает начало строительства объекта, затягивая сроки строительства в целом, а с другой стороны, нарушает принцип развития добросовестной конкуренции, поскольку позволяет скрывать до последнего этапа закупки уровень квалификации участника, предложившего демпинговую цену.

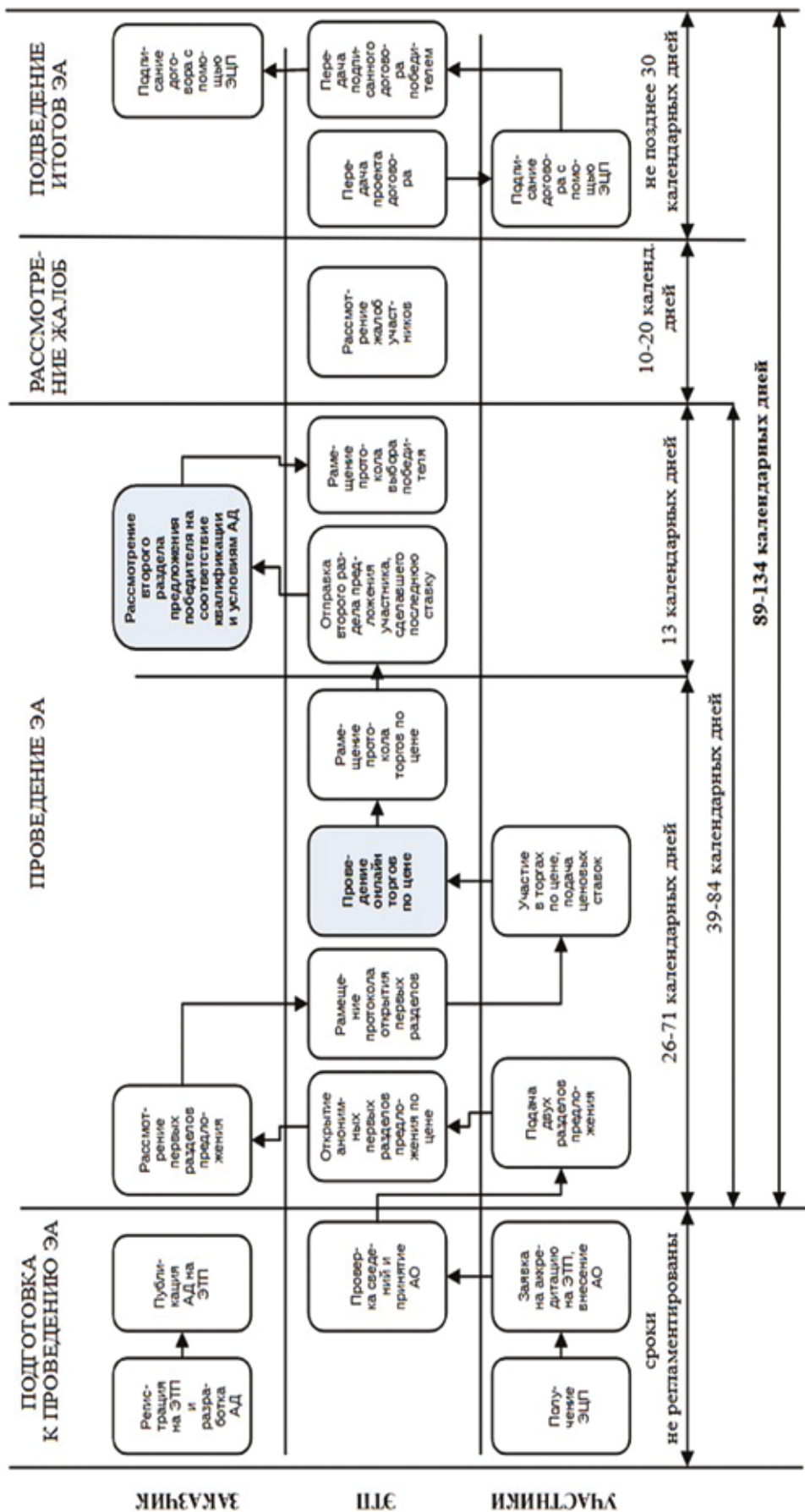


Рис. 2. Общая схема организации и проведения открытого электронного аукциона

Источник: разработка автора.

Из-за этого ставится под сомнение целесообразность применения электронного аукциона как базового способа закупок в строительстве. В 2021 г., согласно статистическим данным, из 224 445 проведенных электронных аукционов 182 199 электронных аукционов не привели к заключению договора [8] или процент несостоявшихся процедур в электронных аукционах составил 81,2 %.

Одновременно с этим следует обратить внимание на низкую результативность других конкурентных процедур закупок, используемых при закупках в строительстве. Анализ статистических данных показывает, что процент несостоявшихся конкурентных процедур закупок высок и составляет в среднем выше 80 %, поэтому весь закупочный процесс сводится в 60 % случаях к выбору строительной организации через процедуру закупки из одного источника.

Таким образом, в действующей системе государственных закупок накоплен ряд существенных проблем, которые препятствуют эффективной реализации инвестиционных проектов в строительстве и реализации положительного конкурентного потенциала, заложенного Договором о Евразийском экономическом союзе.

Предложен новый порядок выбора строительных организаций на основе предварительного комплексного отслеживания деятельности строительных организаций на рынке подрядных работ, начиная со стадии выбора и заканчивая исполнением организацией всех обязательств по договору строительного подряда, путем выставления рейтинговой оценки их конкурентоспособности и введения данной оценки в закупочный процесс на территории Республики Беларусь.

Рейтинговую систему оценки конкурентоспособности строительных организаций рекомендуется применять:

- на уровне заказчиков — при организации и проведении как конкурентных, так и неконкурентных процедур закупок строительных работ, услуг;
- на государственном уровне — при определении подрядной организации для закупки из одного источника.

В частности, предложено введение рейтинговой системы оценки:

- на этапе допуска к конкурентным процедурам закупок в качестве самостоятельной процедуры, создающей пул квалифицированных и конкурентоспособных строительных организаций для возможного последующего их участия в конкурентных процедурах, исключив этап оценки дополнительных требований к участникам в ходе проведения конкурентных процедур закупок (запроса ценовых предложений, открытого конкурса с ограниченным участием);
- на этапе рассмотрения, оценки и сравнения предложений участников открытого конкурса с ограниченным участием и подведения итогов конкурентных процедур закупок.

На этапе допуска к конкурентной процедуре рекомендуется устанавливать определенный уровень рейтинга для привлечения квалифицированных участников к строительству объектов исходя из сложности и важности выполняемого заказа.

На этапе проведения заказчиком рассмотрения, оценки и сравнения предложений участников открытого конкурса с ограниченным участием рекомендуется использовать основные комплексные показатели конкурентоспособности организаций, на основании которых производится рейтинговая оценка конкурентоспособности строительных организаций [11] и которые могут быть использованы в качестве мини-рейтингов конкурентоспособности:

- профессиональный уровень персонала организации;
- опыт выполнения работ по строительству аналогичных объектов;
- качество выполненных работ;

– техническая оснащенность и владение современными технологиями, необходимыми для выполнения работ;

- финансовое состояние строительной организации;
- эффективность деятельности строительной организации.

Следует учитывать, что к мини-рейтингам (основным комплексным показателям конкурентоспособности организаций) заказчиком могут быть добавлены показатели, учитывающие специфику конкурса с учетом выдвинутых заказчиком условий по строительству конкретного объекта строительства, отражающие индивидуальную характеристику заказа.

Поскольку при реализации конкретного инвестиционного проекта в строительстве тот или иной показатель может играть большую или меньшую роль, то заказчиком может быть установлена значимость показателей для конкретного проводимого конкурса с учетом задач и целей, поставленных организатором конкурса по реализации инвестиционного проекта.

Порядок проведения конкурентной процедуры с использованием рейтинговой системы оценки конкурентоспособности строительных организаций на примере открытого конкурса с ограниченным участием (рис. 3) позволяет сократить саму процедуру проведения конкурса минимально на 26 календарных дней и снизить риск проведения повторной процедуры.

Дополнительно при прочих равных предложениях по строительству объектов при подведении итогов конкурентных процедур рекомендуется отдавать предпочтение участнику, имеющему более высокую рейтинговую оценку конкурентоспособности.

При проведении неконкурентных процедур закупок рейтинговую оценку рекомендуется применять на этапе определения потенциального подрядчика при проведении изучения конъюнктуры рынка.

Результаты рейтинговой системы оценки конкурентоспособности строительных организаций могут служить основой для принятия решения на государственном уровне при назначении потенциальных организаций для строительства значимых объектов, включенных в инвестиционные программы г. Минска и областей, для строительства объектов по проектам, рекомендованным для повторного применения.

Сегодня использование рейтинговой системы оценки становится актуальным и при определении исполнителя строительных работ при осуществлении строительства за счет собственных средств инвесторов и заказчиков для оперативной сравнительной оценки квалификации хозяйствующего субъекта в условиях, когда заказчиком предоставлено право по своему усмотрению выбирать подрядную организацию.

Кроме того, рейтинговую систему оценок конкурентоспособности рекомендуется использовать при разработке заказчиками собственных порядков проведения конкурентных процедур закупок по аналогии с предложенными методическими подходами к проведению государственных закупок.

Рейтинговую систему оценки конкурентоспособности строительных организаций на республиканском уровне (соответствующего органа, относящегося к инфраструктуре рынка подрядных работ) дополнительно целесообразно применять для отслеживания структуры строительного комплекса, его конкурентного состояния по регионам в отдельности и страны в целом, а также динамики развития строительного комплекса и принятия оперативных управленческих решений.

На данный момент по аналогии с Республикой Беларусь прорабатывается российский вариант порядка использования рейтинговой системы для упрощения и ускорения закупочного процесса при госзакупках, предоставление подрядным организациям, прошедшим процедуру рейтингования, экономических предпочтений в конкурсе [12, 13].

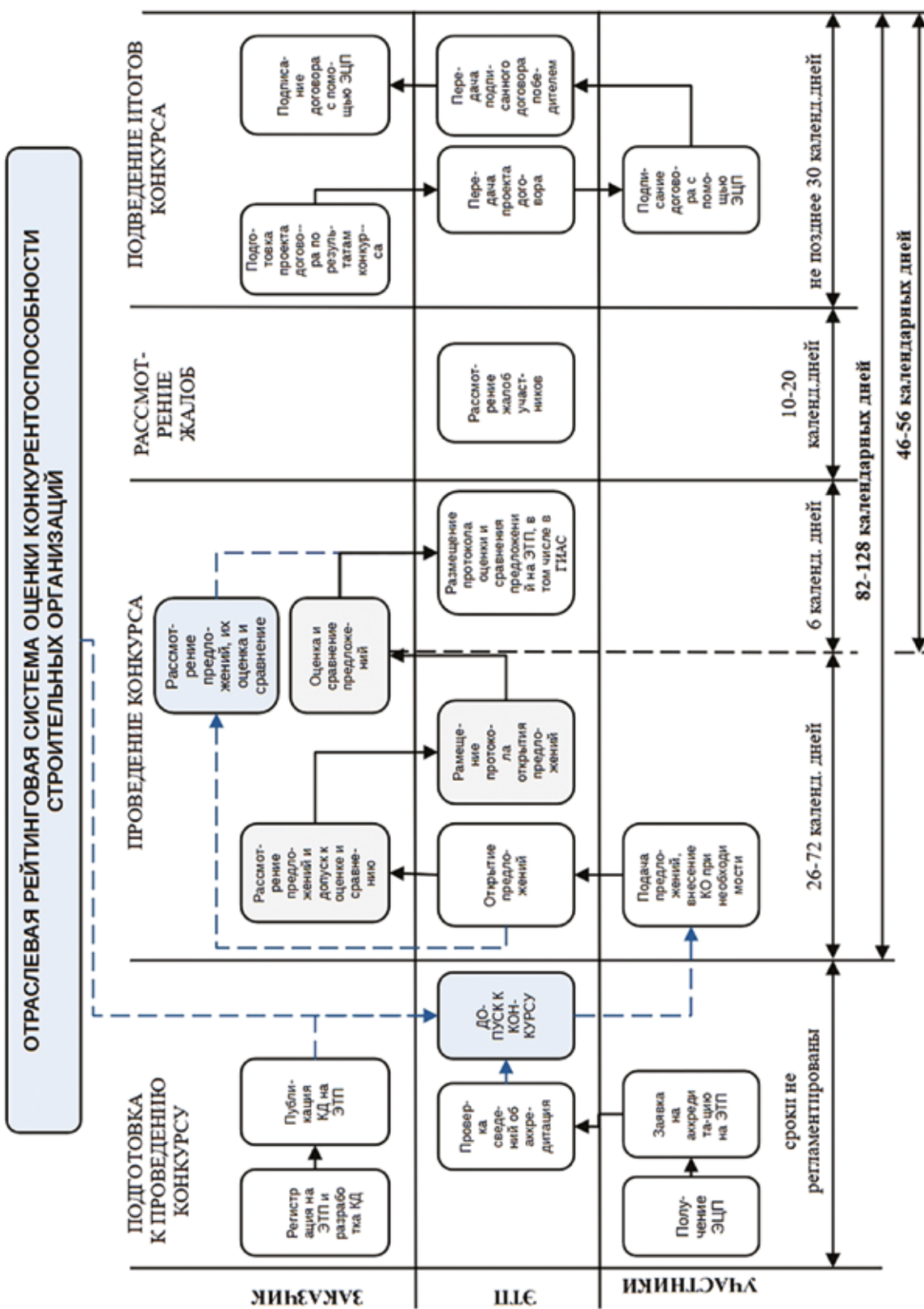


Рис. 3. Порядок организации и проведения открытого конкурса с ограниченным участием с использованием рейтинговой системы оценки конкурентоспособности строительных организаций

Источник: разработка автора.

В связи с этим целесообразно научное обсуждение и выработка дорожной карты по сближению подходов включения процедуры рейтингования в систему госзакупок в рамках Договора о Евразийском экономическом союзе и допуску строительных организаций на рынки государств — членов Евразийского экономического союза.

Заключение. В работе исследованы процедуры закупок, установленные для строительной отрасли. Выявлено, что в действующей системе закупок Республики Беларусь содержится ряд недостатков исходя из специфики строительной отрасли, что требует совершенствования законодательства о государственных закупках для учета всех основных специфических особенностей строительной отрасли и изменения порядка допуска, оценки и выбора строительной организации в условиях цифровой трансформации строительной отрасли.

Применение предложенного порядка проведения конкурентных и неконкурентных процедур закупок с использованием рейтинговой системы оценки конкурентоспособности организаций на этапе допуска строительной организации к процедуре закупки выступит фильтром, позволяющим отсеять поток недобросовестных подрядчиков, а в ходе оценки и сравнения предложений участников по условиям строительства объекта обеспечит принятие наиболее взвешенного и экономически эффективного предложения за счет максимально полного учета факторов неопределенности, что существенно снизит риск невыполнения договоров подряда, а также послужит инструментом борьбы с демпингом. При проведении конкурентных процедур закупок в строительстве позволит упростить выбор строительной организации, сократить время на саму процедуру проведения закупки за счет сокращения объема проверяемой документации при рассмотрении предложений участников и перевода процесса оценки квалификационных данных участников и их конкурентоспособности в централизованный электронный формат до проведения закупки, что в целом позволит увеличить эффективность реализации инвестиционных проектов в строительстве.

Литература:

1. Герасимов, Р. А. Повышение эффективности размещения госзаказа на выполнение геологоразведочных работ: дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05 / Р. А. Герасимов. — М., 2006. — 156 с.
2. Шавылина, Ю. А. Централизация закупок по закону о контрактной системе / Ю. А. Шавылина // Государственные и муниципальные закупки — 2013: Сб. докладов. — М. ИД «Юриспруденция», 2014. — С. 488.
3. Станякин, С. В. Стимулирование развития промышленного комплекса на основе формирования эффективной государственной контрактной системы: дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05 / С. В. Станякин. — Орёл, 2014. — 266 с.
4. Демиденко, М. В. Развитие подрядных торгов на строительство объектов в системе государственных закупок: дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05 / М. В. Демиденко. — Санкт-Петербург, 2017. — 151 с.
5. Цапко, К. А. Особенности и проблемы государственных закупок в инвестиционно-строительном комплексе [Электронный ресурс] / К. А. Цапко // Интернет-журнал «Науковедение». — 2015. — Т. 7. — № 4. — Режим доступа: <http://naukovedenie.ru/PDF/41EVN415.pdf>. — Дата доступа: 11.07.2022.
6. Панибратов, Ю. П. Развитие договорных отношений в инвестиционно-строительном комплексе в России и за рубежом. / Ю. П. Панибратов, Е. Б. Смирнов // Экономика строительства. — 1998. — № 4. — С. 23–29.
7. Шакиров, Р. Б. Теория и практика организации и проведения подрядных торгов в строительстве / Р. Б. Шакиров // Междунар. акад. инвестиции и экономики стр-ва. — М.: Изд-во Ассоц. строит. вузов, 2002. — 283 с.
8. Сведения о государственных закупках по Республике Беларусь за 2021 год [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://mart.gov.by/activity/regulirovanie-i-kontrol-zakupok/statistika/>. — Дата доступа: 03.06.2022.
9. Богданович, Н. А. Противодействие коррупции в госзакупках. Опыт зарубежных стран [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://ilex.by/news/protivodejstvie-korruptsii-v-goszakupkah-opyt-zarubezhnyh-stran/?ysclid=15h145xtfk270458307>. — Дата доступа: 07.07.2022.
10. ФАС в СМИ: Договорились и забыли: 40 % госзакупок расторгнуты без основания [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://fas.gov.ru/publications/20185>. — Дата доступа: 02.06.2021.

11. Шаховская, В. Н. Значение рейтинга в определении конкурентоспособности строительных организаций / В. Н. Шаховская // Экономика и управление. — 2013. — № 2 (34). — С. 47–51.

12. ФАС скорректирует планы по использованию рейтинга деловой репутации [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.interfax.ru/russia/741715>. — Дата доступа: 17.12.2020.

13. Рейтинг подрядной организации позволит сократить долю расторгнутых контрактов и повысить уровень прозрачности деятельности компаний [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.smvstroy.ru/news/i75-rejting-podryadnoj-organizacii-pozvolit-sokratit-dolyu.html>. — Дата доступа: 02.02.2022.

УДК 330.322.214

АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ ИНВЕСТИЦИЙ В СТРОИТЕЛЬНУЮ ОТРАСЛЬ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ANALYSIS OF THE STRUCTURE OF INVESTMENTS IN THE CONSTRUCTION SECTOR IN THE REPUBLIC OF BELARUS

И. В. Мальцевич,

аспирант ГНУ «Институт экономики НАН Беларуси», г. Минск, Республика Беларусь

I. Maltsevich,

Postgraduate Student of the State Scientific Institution "Institute of Economics of the National Academy of Sciences of Belarus", Minsk, Republic of Belarus

Дата поступления в редакцию — 17.08.2022.

Основой функционирования строительной отрасли в условиях цифровизации выступают инвестиции, чем обосновывается необходимость исследования их уровня и развития. Наличие соответствующего уровня инвестиций в республике обеспечивается за счет реализации последовательного плана действий, отраженного в правовых актах. В современных условиях строительная отрасль существует в конкурентной рыночной среде. Для сохранения конкурентоспособных позиций в условиях цифровизации необходимо формирование современных стратегий в соответствии с меняющимися условиями. В статье приведены исследования статистических данных инвестиций в строительной отрасли, выявлена динамика валовой добавленной стоимости строительства и доли строительства в ВВП за 2011–2020 гг., объемов подрядных работ, индексов инвестиций в основной капитал.

В ходе исследования выявлены и обобщены инвестиции в строительную отрасль Республики Беларусь в условиях цифровизации. Выделены примеры непосредственного влияния иностранных инвестиций на приток прямых, портфельных и прочих инвестиций и рассмотрена технологическая структура инвестиций в основной капитал.

Investments are the basis for the functioning of the construction industry in the context of digitalization, which justifies the need to study their level and development. The presence of an appropriate level of investment in the republic is ensured through the implementation of a consistent action plan, reflected in legal acts. In modern conditions, the construction industry exists in a competitive market environment. To maintain a competitive position in the context of digitalization, it is necessary to form modern strategies in accordance with changing conditions. The article presents a study of statistical data on investments in the construction industry, reveals the dynamics of the gross value added of construction and the share of construction in GDP for 2011–2020, the volume of contract work, indices of investment in fixed assets.

The study identified and summarized investments in the construction industry of the Republic of Belarus in the context of digitalization. Examples of the direct impact of foreign investment on the inflow of direct, portfolio and other investments are highlighted and the technological structure of investments in fixed assets is considered.

Ключевые слова: инвестиции, строительная отрасль, жилищное строительство, цифровизация, развитие, трансформация.

Key words: investment, construction industry, housing construction, digitalization, development, transformation.

Введение. В условиях цифровизации основой функционирования строительной отрасли являются инвестиции. Инвестиционно-строительный комплекс Республики Беларусь включает строительство и отрасли производства, ориентированные на обслуживание его материально-техническими ресурсами, научно-исследовательскими, проектно-издательскими, опытно-конструкторскими работами и подготовкой кадров. Развитие цифровизации в экономике и строительной отрасли является актуальной темой, которой посвящены зарубежные и отечественные исследования.

Г. Г. Головенчик выделяет цифровизацию как важнейший фактор глобальной экономики, при этом осуществляется переход к комплексному построению цифровой экосистемы в мировой и национальной экономике [1].

T. D. Oesterreich и F. Teuteberg изучали концепцию «Индустрия 4.0» для описания тенденции к оцифровке и автоматизации производственной среды. Имея потенциальные преимущества с точки зрения повышения производительности и качества, она не привлекла внимания в строительной отрасли из-за не известных последствий оцифрованной и автоматизированной производственной среды [2].

В. Morgan отмечает, что по мере ускорения темпов цифровых изменений важна способность фирм строительной отрасли организовываться для цифровизации [3].

M. Pan, T. Linner, W. Pan, H. Cheng и T. Vock рассматривают вопросы структурирования контекста для разработки строительных роботов с помощью комплексного сценарного подхода для систематической разработки и анализа будущих альтернатив строительной робототехники. Сценарии подчеркивают решающую роль рабочих в использовании строительных роботов [4].

А. Гольдфарб и К. Таркер исследовали цифровые технологии в экспериментальных проектах и натуральных исследованиях и определили взаимосвязь цифровизации с инвестициями [5].

Инвестиционную привлекательность строительной отрасли в условиях цифровизации Российской Федерации проанализировали М. Листопад и Л. Пшул. Они отметили, что основным методом для ее оценки является расчет долей цифровых и инвестиционных показателей в ВВП и последующим сравнительным анализом таких же долей у развитых стран [6].

Исследования российских ученых Н. В. Городновой, Д. Л. Скипина и А. А. Пешковой посвящены анализу и оценке цифрового потенциала российских компаний, отражающих взгляд на цифровой потенциал предприятия. Он рассматривается как единство: ресурсов; внутренних возможностей компании по развитию информационных технологий; областей деятельности, использующих информационные технологии [7].

Н. А. Серебрякова и О. Г. Шальнев изучали систему показателей оценки инновационной активности строительных организаций в условиях цифровизации экономики [8].

А. Ю. Фадеева исследовала взаимосвязи между цифровизацией и инвестиционной активностью, учитывающие процессы, происходящие в мировой экономике [9].

Автор отмечает важность цифровизации строительной отрасли Республики Беларусь как важнейшего фактора роста ее конкурентоспособности [10].

Анализируя вышеприведенные научные работы, видим, что изучались различные направления использования инвестиций в экономике и строительной отрасли в условиях цифровизации.

Основная часть. Проблема инвестиций в строительную отрасль относится к сложным системным задачам. Она включает вопросы на стыке экономических, юридических и технических наук. Строительство — сфера экономики, решающая жилищные, имущественные

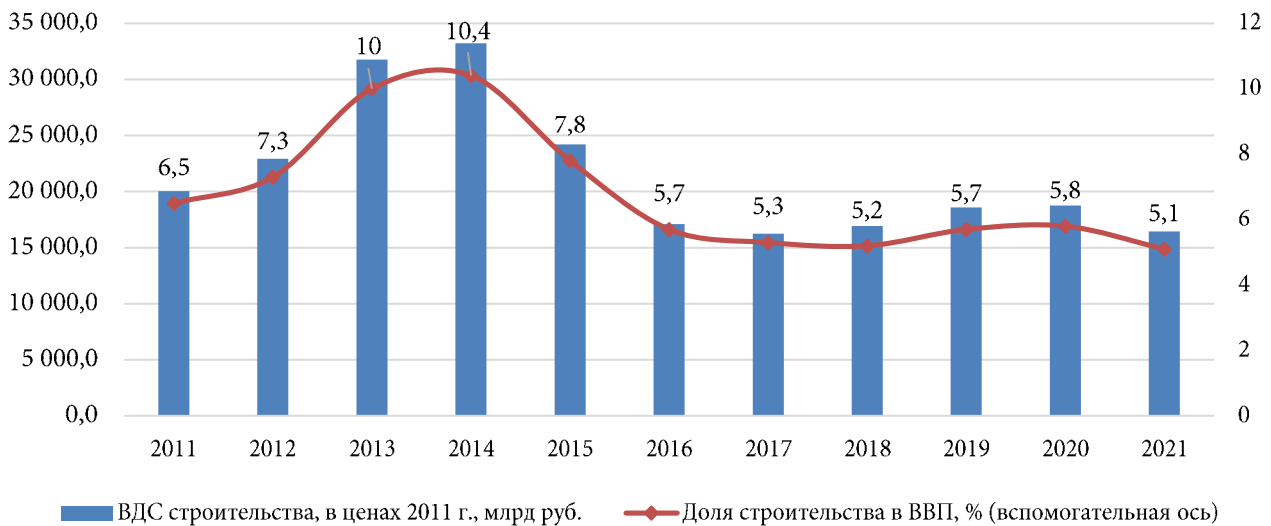


Рис. 1. Динамика ВДС строительства и доли строительства в ВВП

Источник: составлено автором по данным Национального статистического комитета Республики Беларусь.

и производственные проблемы как в масштабе экономики страны, так и ее отдельных территорий. Она требует изучения современного состояния и перспектив развития. Состояние данной отрасли детерминировано спецификой экономической системы, развивающейся в республике и отличающейся дифференциацией в разрезе ее регионов.

Динамика доли строительства за 2011–2020 гг. показывает, что в 2013–2014 гг. этот показатель составлял 10,0–10,4 %. В 2015 г. снизился до 7,8 % и в дальнейшем достиг минимального значения в 2021 г. (5,1 %) (рис. 1).

Динамика валовой добавленной стоимости строительства (ВДС) в целом повторяет динамику доли строительства в ВВП. Отметим, что в 2021 г. объем ВДС строительства в сопоставимых ценах составлял 82,1 % от уровня 2011 г. (рис. 2).

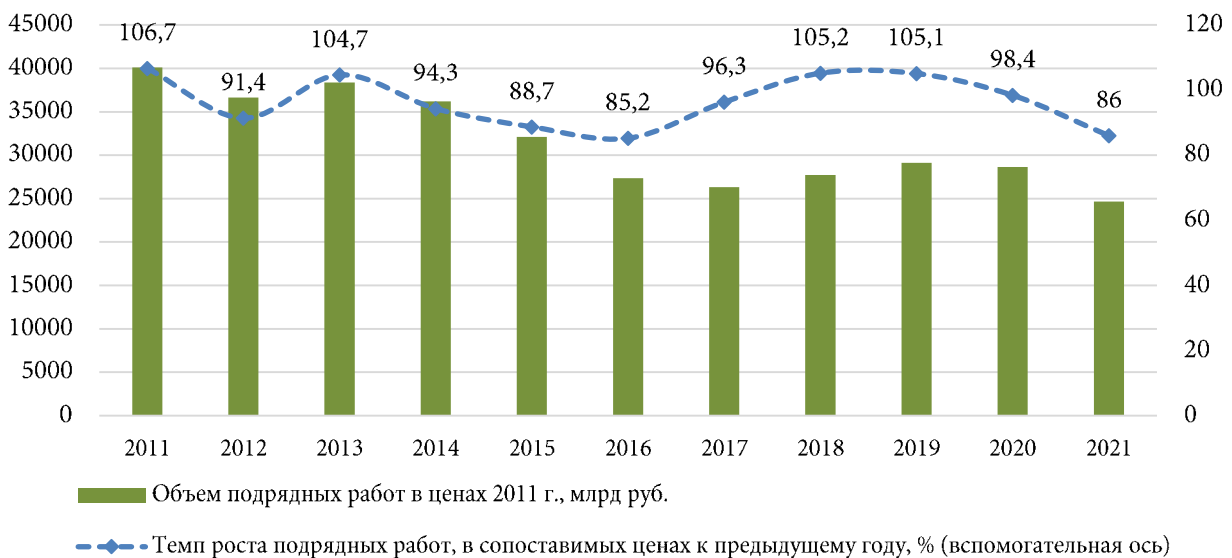


Рис. 2. Объем и динамика подрядных работ, выполненных по виду деятельности «Строительство», 2011–2021 гг.

Источник: составлено автором по данным Национального статистического комитета Республики Беларусь.

Объемы подрядных работ в 2021 г. по отношению к 2011 г. снизились на 38,6 %. Положительный темп прироста подрядных работ наблюдался в 201–2019 гг., что связано с инвестиционными вложениями в реализацию значительных для страны проектов по строительству: Белорусской АЭС, двух горно-обогатительных комбинатов (ИООО «Славкалий» и ОАО «Беларуськалий»), третьей линии Минского метрополитена, ЗАО «БНБК», нефтеперерабатывающих предприятий и др.

Инвестиции в основной капитал способствуют экономическому развитию производства, выпуску инновационной конкурентоспособной продукции, способной завоевывать новые рынки, а это приносит прибыль инвесторам. Учитывая необходимость в развитии строительной отрасли в республике, инвесторам предлагаются выгодные правовые условия для осуществления бизнеса. Применяются международные акты: 60 двусторонних соглашений об избежании двойного налогообложения; двусторонние соглашения о содействии в осуществлении инвестиций; Сеульская конвенция об учреждении Многостороннего агентства по гарантиям инвестиций (Конвенция MIGA); Конвенция по урегулированию инвестиционных споров между государствами и физическими и юридическими лицами других государств (ICSID) и др.

В стране действует национальное законодательство в сфере инвестиций: Конституция Республики Беларусь и Закон Республики Беларусь от 12 июля 2013 г. № 53-З «Об инвестициях». Закон определяет правовые гарантии и принципы осуществления инвестиций и направлен на их привлечение в экономику, обеспечение гарантий, прав и законных интересов инвесторов и их равную защиту.

В республике осуществляются мероприятия по созданию благоприятной инвестиционной среды. Предусматривается стимулирование инвестиций в свободные экономические зоны, совершенствование регулирования в сфере архитектурно-строительной деятельности (выработка подходов по применению и дальнейшему развитию цифровых технологий в сфере строительства, использование BIM-технологий при проектировании и строительстве объектов, финансируемых за счет бюджетных средств). Намечается совершенствование регулирования в сфере земельных отношений и общесистемные меры по оптимизации подходов к финансированию и мониторингу проектов. Формирование портфеля инвестиционных проектов и создание условий для формирования «длинных денег в экономике» [12].

Специалисты отмечают, что необходимо изучение мероприятий по цифровой модернизации и поиск путей снижения стоимости строительства за счет использования новых технологий. В строительной отрасли внедряют цифровые технологии, но эффекты трансформации, охватывающие внедрение цифровых технологий, еще предстоит понять в контексте строительства. На строительном рынке эти технологии используются при подборе кадров, документообороте, планировании, разработке рекламы, закупке материалов, производстве работ и оказании услуг, контроле за договорами. Проводятся работы в сфере искусственного интеллекта.

В современных условиях происходит трансформация строительной отрасли (решаются задачи перестройки непромышленной сферы и развития материальной базы, используются новые технологии). Застройщики заинтересованы при строительстве объектов в снижении стоимости и поэтому рассматривают цифровизацию отрасли как один из возможных для этого факторов. Поэтому необходимо изучение мероприятий по цифровой модернизации и обновлению производственных мощностей строительных организаций, которые могут стать основой стимулирования инвестиционной активности в стране.

С 2011 по 2021 гг. происходило неравномерное изменение индексов инвестиций в основной капитал. Ростом инвестиционной активности характеризовались 2011, 2013, 2017–2019 гг., спадом — 2012, 2014–2016, 202–2021 гг. (рис. 3).

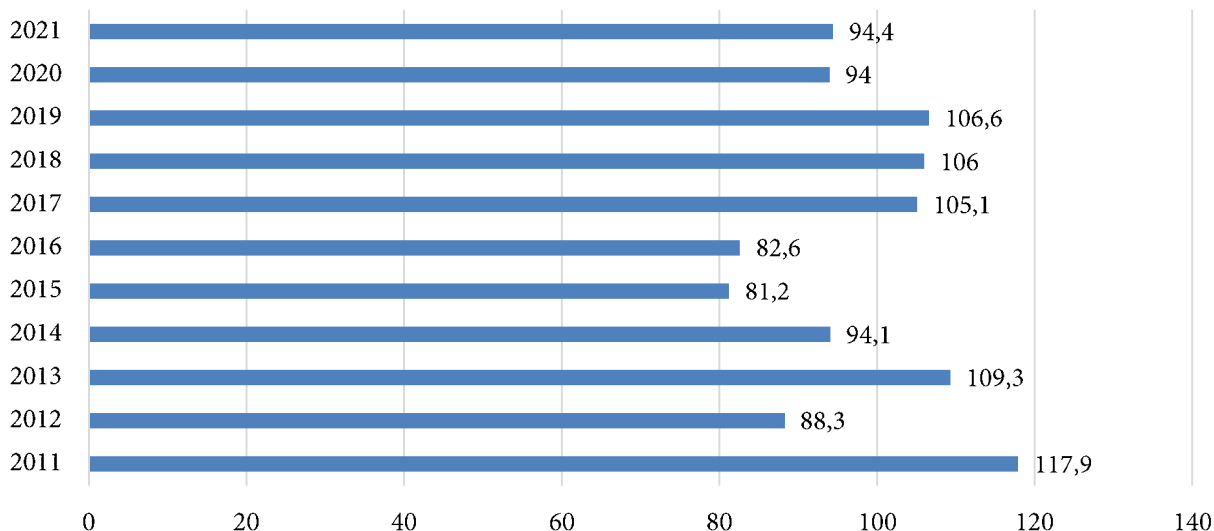


Рис. 3. Индексы инвестиций в основной капитал, % к предыдущему году

Источник: составлено автором по данным Национального статистического комитета Республики Беларусь.

На экономическое развитие Республики Беларусь и в целом стран мира в 2020–2021 гг. повлияла пандемия, сказавшаяся на изменении сроков внедрения некоторых крупных инвестиционных проектов (задержка поставок импортного оборудования, трудности в работе иностранных специалистов и др.). Важно отметить, что падение инвестиций в основной капитал в 2021 г., по сравнению с 2020 г., на 5,6 % одновременно сопровождалось ростом ВВП на 2,3 %, что свидетельствует не о внутренних, а о внешних драйверах ВВП в этот период. В целом доля инвестиций в основной капитал в ВВП в 2021 г. составила 17,4 %, что на 7,6 п. п. ниже показателя экономической безопасности (25 %).

В технологической структуре инвестиций в основной капитал практически за весь рассматриваемый период преобладали строительно-монтажные работы. Они варьировались в диапазоне от 45,0 % в 2011 г. до 49,8 % в 2021 г. Второй по весомости вид основных фондов — машины и оборудование: по итогам 2021 г. инвестиции в него составили 39,8 % всех инвестиций в основной капитал. Инвестиции в другие виды работ и затрат составляли 9,4–10,5 % (рис. 4).

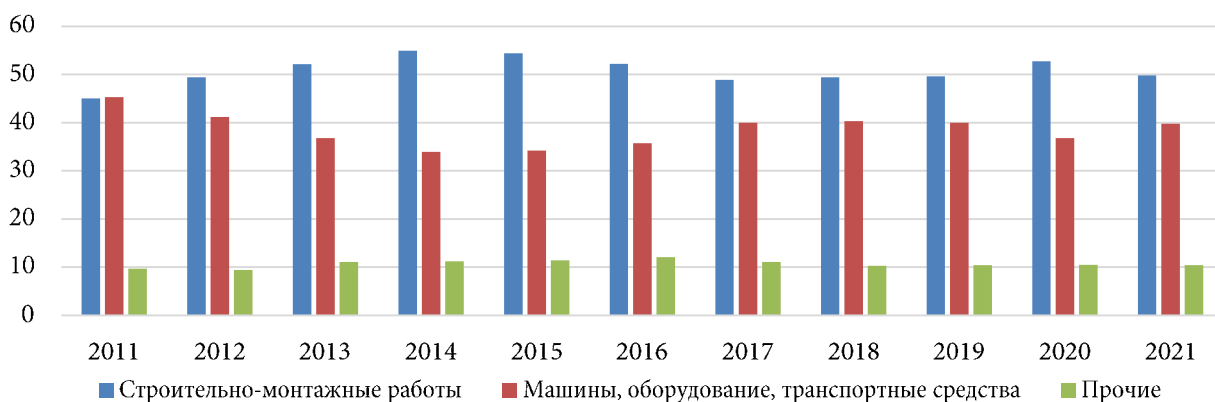


Рис. 4. Технологическая структура инвестиций в основной капитал, %

Источник: составлено автором по данным Национального статистического комитета Республики Беларусь.

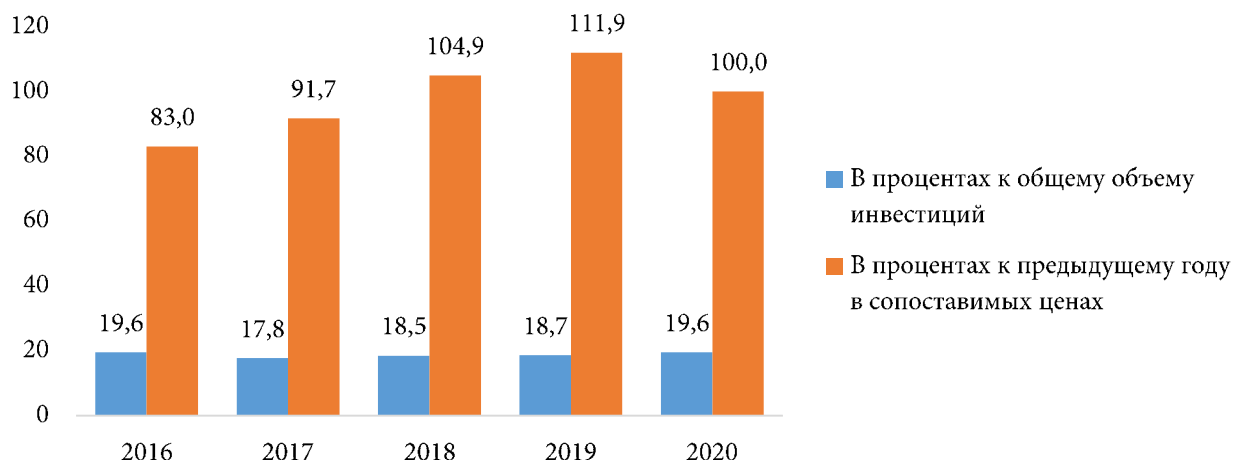


Рис. 5. Динамика инвестиций на жилищное строительство, %

Источник: составлено автором по данным Национального статистического комитета Республики Беларусь.

Инвестиции в основной капитал, используемые в жилищном строительстве, в процентах к общему объему инвестиций в 2021 г. составили 19,6 % и снизились, по сравнению с 2016 г., на 0,2 п. п. (рис. 5).

В 2021 г. объем средств, вложенных в жилищное строительство, составил 6 млрд руб. (19,8 % к общему объему инвестиций в основной капитал), или в сопоставимых ценах 96,4 % к 2020 г.

Таблица 1

Основные показатели по вводу в эксплуатацию жилья

	2021 г.		Справочно: 2020 г. в % к 2019 г.
	тыс. кв. м общей площади	в % к 2020 г.	
Введено в эксплуатацию жилья за счет всех источников финансирования	4387,3	105,7	102,2
<i>из них</i>			
многоквартирных энергоэффективных жилых домов	2412,4	105,0	109,8
в сельских населенных пунктах и малых городских поселениях	1810,3	102,6	93,3
индивидуальных жилых домов	1931,3	110,4	98,8
для граждан, состоящих на учете нуждающихся в улучшении жилищных условий	1778,6	105,6	104,0
жилых домов (квартир) для многодетных семей	929,6	102,5	119,7
арендного жилья государственного, частного жилищных фондов	134,0	110,7	106,5
многоквартирных жилых домов с использованием электрической энергии для целей отопления, горячего водоснабжения и приготовления пищи	110,6	178,7	—

В Беларуси намечается строительство 4,2 млн кв. м жилья в соответствии с Постановлением Совета Министров № 69 от 4 февраля 2022 г. Планируется и перспективное

энергоэффективное направление в проектировании и строительстве многоквартирных домов [13].

В 2021 г. в экономику Республики Беларусь поступило 8,7 млрд долл. США иностранных инвестиций (в том числе прямых — 6,6 млрд долл. США). Прямые иностранные инвестиции (ПИИ) на чистой основе составили 1,3 млрд долл. США, что, по сравнению с 2020 г., ниже на 6,2 %. Основными инвесторами организаций республики были субъекты хозяйствования Российской Федерации (42,6 % от всех поступивших инвестиций), Украины (15,2 %) и Кипра (13,9 %).

Анализ отраслевого притока ПИИ в 2021 г. показывает наибольшее их вложение в торговлю — 39,2 %, промышленность — 22,2 %, информацию и связь — 12,5 %. На строительство приходилось 4,8 % от общего притока прямых иностранных инвестиций (табл. 2).

Таблица 2

Иностранные инвестиции в строительство, 2016–2021 гг.

Годы	Приток, млн долл. США				Доля прямых инвестиций в общем объеме инвестиций, %
	всего по видам инвестиций	прямые	портфельные	прочие	
2016	118,7	82,4	2,4	33,9	69,4
2017	92,1	53,2	0,0	38,8	57,9
2018	117,1	98,6	0,0	18,5	84,2
2019	207,2	152,3	0,0	54,8	73,5
2020	142,6	106,5	0,3	35,8	74,7
2021	347,4	316,8	0,0	30,6	91,2

Приведенные расчеты показывают, что в 2021 г. приток иностранных инвестиций в строительство превысил значение 2016 г. в 3 раза, приток ПИИ — в 3,8 раз (см. табл. 2).

Для дальнейшего развития важно определиться с направлениями конкурентных преимуществ в строительстве. В республике на государственном уровне заложено основание для цифровизации строительной отрасли. Директива Президента Республики Беларусь «О приоритетных направлениях развития строительной отрасли» № 8 от 4 марта 2019 г. одним из приоритетов обозначила масштабную цифровую трансформацию, в рамках которой следует решить проблемы, сдерживающие ее развитие. Согласно документу, для реализации цифровой трансформации строительной отрасли необходимо:

- обеспечить переход на электронное взаимодействие участников инвестиционно-строительного процесса, внедрить интегрированные информационные системы по управлению ресурсами предприятий;
- создать единую информационную среду в строительной отрасли, включая формирование республиканского фонда проектной документации, республиканского банка данных объектов-аналогов на строительство объектов в электронном виде в форматах, поддерживаемых технологией информационного моделирования объектов строительства;
- автоматизировать разработку укрупненных нормативов стоимости по всем видам строительно-монтажных работ, конструктивным элементам, объектам строительства и интегрировать их в соответствующие банки данных;
- оказывать максимальное содействие внедрению и развитию технологии информационного моделирования в строительстве, включая разработку средств автоматизации сметно-экономических расчетов, в том числе с использованием технологий облачных вычислений [14].

Сравнивая мировой опыт инвестирования в строительство, следует отметить, что показателем, характеризующим уровень развития технологий, являются инвестиции в основной капитал, по которым можно выделить следующих лидеров: Китай (10 трлн долл. США), США (3,9 трлн долл. США), Еврозона (2,7 трлн долл. США), Япония (1,2 трлн долл. США), Великобритания (470 млрд долл. США), Республика Корея (500 млрд долл. США), Россия (около 300 млрд долл. США). Инвестиции Китая составляет около 45 % мировых инвестиций, что выше значений по России в 35 раз. На долю строительства США приходится 8 % от общего объема ВВП, а также 6 % от общего числа работающих, при этом на новое строительство приходится до 85 % от общих капитальных вложений и объемов работ [15].

По оценкам McKinsey Global Institute, прирост инвестиций в инфраструктуру величиной в 1 % ВВП создаст 3,4 млн новых рабочих мест в Индии, 1,5 млн мест — в США или 1,3 млн — в Бразилии. Минимальная потребность в инфраструктурных инвестициях составляет 57–67 трлн долл. США в 2013–2030 гг. (в среднем 3,4–3,9 трлн долл. США в год). Эта оценка основана на историческом объеме инвестиций в инфраструктуру за последние 18 лет на уровне 3,5–3,8 % от ВВП. Направления строительной отрасли в мире будут развиваться с технологической модернизацией промышленных отраслей, ростом населения, урбанизацией [16].

По прогнозам The Business Research Company (Индия, Великобритания, США), тенденции мирового строительного рынка до 2021 г. включали использование автономных строительных машин, цифровых технологий для повышения безопасности строительства и др. Данные о мировом строительном рынке, полученные в результате последнего исследования мировой строительной индустрии, проведенного The Business Research Company, показывают, что ожидается, что этот рынок будет расти со среднегодовыми темпами роста (CAGR) в размере 7,5 % с 2021 г. и достигнет 15 трлн долл. США к 2023 г. Растущие тенденции в мировой строительной отрасли — это использование автономных строительных машин, цифровых технологий для повышения безопасности строительства [17].

В строительных организациях, работающих на рынке без использования цифровых технологий, нередко возникает проблема своевременного принятия управленческих решений. Из-за большого количества дублирующих процедур не всегда имеется возможность их оптимального взаимодействия с различными ведомствами. Поэтому стимулирование цифровизации связано с производственной необходимостью в работе, что позволит сократить издержки и приведет к повышению отраслевого дохода. Нередко использование цифровых технологий замедляется из-за отсутствия достаточного количества квалифицированных кадров и взаимосвязи информационных систем в строительстве, не позволяющей провести перспективный прогноз результатов по оценке эффективности вложений. Поэтому использование цифровых технологий позволит оценить возможности дальнейшего поступательного развития и отечественной строительной отрасли.

Заключение. В результате исследований выявлено, что в 2021 г., (по сравнению с 2011 г.) наблюдается снижение ВДС строительства на 17,1 %, и доли строительства в ВВП на 21,6. Динамика сокращения приведенных показателей особенно характерна в 2016–2021 гг. Инвестиции в основной капитал способствуют экономическому развитию производства, выпуску инновационной конкурентоспособной продукции, способной завоевывать новые рынки, а это приносит прибыль инвесторам. Анализируя иностранные инвестиции в строительство с 2016 по 2019 гг., следует отметить отсутствие постоянной динамики, хотя в 2021 г. приток иностранных инвестиций в строительство превысил значение 2016 г. в 3 раза, приток ПИИ — в 3,8 раз, доля прямых инвестиций в общем объеме инвестиций увеличилась соответственно с 69,4 до 91,2 % (21,8 %).

Установлено, что в технологической структуре инвестиций в основной капитал практически за весь рассматриваемый период преобладали строительно-монтажные работы, которые изменялись в диапазоне от 45,0 % в 2011 г. до 49,8 % в 2021 г. Второй по весомости вид основных фондов — машины и оборудование: по итогам 2021 г. инвестиции в него составили 39,8 % всех инвестиций в основной капитал. Инвестиции в другие виды работ и затрат составляли 9,4–10,5 %.

В результате исследований установлен следующий отраслевой приток ПИИ в 2021 г.: в торговлю — 39,2 %, промышленность — 22,2 %, информацию и связь — 12,5 %, строительство — 4,8 % от общего притока прямых иностранных инвестиций. Поэтому, учитывая существующий относительно небольшой приток ПИИ в строительную отрасль, по сравнению с другими отраслями, для дальнейшего развития необходимо определиться с приоритетными направлениями цифровизации строительной отрасли.

В условиях трансформации строительной отрасли (решаются задачи перестройки производственной сферы и развития материальной базы, используются новые технологии) поэтому застройщики заинтересованы в снижении стоимости и рассматривают цифровизацию отрасли как один из возможных для этого факторов. Необходимо изучение мероприятий по цифровой модернизации и обновлению производственных мощностей строительных организаций, которые могут стать основой стимулирования инвестиционной активности в стране.

Для заинтересованности инвесторов необходимо продолжать развивать потенциал отрасли на новой технологической базе и цифровой основе. Следовательно, строительная отрасль имеет хорошие шансы на повышение своей конкурентоспособности за счет использования различных цифровых технологий и привлечения инвестиций.

Научная новизна исследования состоит в обобщении практики использования инвестиций в строительную отрасль, которые способствуют экономическому развитию производства, выпуску конкурентоспособной продукции и оценке концептуальных подходов в отрасли с использованием цифровизации, выявлении проблем, сдерживающих ее развитие в настоящее время и оценки возможности использования зарубежного опыта для их решения.

Литература:

1. Головенчик, Г. Г. Цифровизация белорусской экономики в современных условиях глобализации / Г. Г. Головенчик. — Минск: Изд. центр БГУ, 2019. — 257 с.
2. Oesterreich, T. D. Understanding the Implications of Digitisation and Automation in the Context of Industry 4.0: A Triangulation Approach and Elements of a Research Agenda for the Construction Industry / T. D. Oesterreich, F. Teuteberg // *Computers in Industry*. — 2016. — Vol. 83. — P. 121–139.
3. Morgan, B. Organizing for digitalization through mutual constitution: the case of a design firm / B. Morgan // *Construction Management and Economics*. — 2019. — Vol. 37. — Issue 7. — P. 400–417.
4. Pan, M. Structuring the context for construction robot development through integrated scenario approach / M. Pan [and others] // *Automation in construction*. — 2020. — Vol. 114. — Article No. 103174.
5. Goldfarb, A., Tucker, K. Digital Economics // *Journal of Economic Literature*. — 2019. — Vol. 57 (1). — P. 3–43.
6. Листопад, М. Е. Анализ инвестиционной привлекательности строительной отрасли в современных условиях цифровизации / М. Е. Листопад, Л. А. Пшул // *Вестник НГИЭИ*. — 2021. — № 3 (118). — С. 81–92.
7. Городнова, Н. В. Исследование цифрового потенциала инновационных проектов российских компаний / Н. В. Городнова, Д. Л. Скипин, А. А. Пешкова // *Экономические отношения*. — 2019. — № 9 (3). — С. 2229–2248.
8. Серебрякова, Н. А. Система показателей оценки инновационной активности строительных организаций в условиях цифровизации экономики / Н. А. Серебрякова, О. Г. Шальнев // *РЕГИОН: системы, экономика, управление*. — 2021. — № 3 (54). — С. 113–120.
9. Фадеева, А. Ю. Информационно-коммуникационные технологии как драйвер развития инвестиционной привлекательности регионов / А. Ю. Фадеев // *Экономика в промышленности*. — 2017. — № 10 (4). — С. 377–386.

10. Мальцевич, И. В. Цифровизация строительной отрасли Республики Беларусь как важнейший фактор роста ее конкурентоспособности / И. В. Мальцевич // Вестник ГГТУ им. П. О. Сухого. — 2021. — № 3. — С. 55–66.
11. Об инвестициях [Электронный ресурс]: Закон Республики Беларусь, 12 июля 2013 г., N 53-З: в ред. Закона Респ. Беларусь от 05.01.2022 г. // Нац. центр правовой информ.; КонсультантПлюс. Беларусь / ООО «ЮрСпектр». — Минск, 2022.
12. Результаты инвестиционной политики [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://economy.gov.by/ru/rezultat-ru/>. — Дата доступа: 21.05.2022.
13. Развитие жилищного строительства. Применение инновационных технологий [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.belta.by/pressconference/view/razvitie-zhilischnogo-stroitelstva-primeneniie-innovatsionnyh-tehnologij-1434/>. — Дата доступа: 21.05.2022.
14. О приоритетных направлениях развития строительной отрасли: Директива Президента Респ. Беларусь, 4 марта 2019 г., № 8 // КонсультантПлюс: Беларусь / ООО «ЮрСпектр». — Минск, 2020.
15. Идилов, И. И. Анализ зарубежного опыта комплексного развития строительной индустрии / И. И. Идилов // Миллионщиков-2019: Материалы II Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной 100-летию ФГБОУ ВО «ГНТУ им. акад. М. Д. Миллионщикова», Грозный, 30–31 мая 2019 г. — Грозный, 2019. — Том II. — С. 349–352.
16. Мальцевич, И. В. Динамика развития мирового строительного рынка в разрезе затрат на строительство, долей отрасли в мировой экономике, рейтинга регионов / И. В. Мальцевич // Вестник Брестского государственного технического университета. — 2021. — № 1(124). — С. 115–119. — DOI: <https://doi.org/10.36773/1818-1212-2021-124-1>.
17. Обзор развития мирового строительного рынка [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://budexport.by/world_market.php. — Дата доступа: 21.03. 2022.



БИОЭНЕРГЕТИКА: ОБЗОР ЗАРУБЕЖНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ

Издавна человек использовал тепло, которое выделяется при сжигании растений, для приготовления пищи и обогрева жилья. Со временем люди научились добывать необходимые для жизни уголь, нефть, газ — ископаемые энергоресурсы органического происхождения, формировавшиеся в земной коре в течение десятков миллионов лет. Непрерывная добыча полезных ископаемых на протяжении большого количества времени привела к ухудшению экологической ситуации и к истощению энергетических ресурсов планеты. Сегодня для большинства стран мира характерно использование возможностей биоэнергетики для производства энергии из различных видов биотоплива. В Республике Беларусь в перспективе именно переход на альтернативные источники энергии — биотопливо, биогаз, древесный газ, синтез газ, энергию солнечных батарей и коллекторов, энергию ветра, электроэнергию из тепла, энергию гидроэлектростанций — может улучшить экологическую ситуацию и уменьшить зависимость страны от поставщиков топливно-энергетических ресурсов.

Республиканская научно-техническая библиотека (РНТБ) предлагает ознакомиться с тематическим обзором зарубежных публикаций из приобретаемых баз данных. Современные технологии переработки биологического сырья нашли широкое применение для решения проблемы экологически безопасной утилизации органических отходов, уменьшения загрязнения окружающей среды, а также получения альтернативной энергии.

Среди перспективных альтернативных источников энергии можно выделить: получение биотоплива из различных типов биомассы, синтез биогаза, утилизацию бытовых отходов и осадка сточных вод и многое другое. Надеемся, что изложенный авторами статей опыт будет полезным и применимым на практике в нашей стране. РНТБ готова предоставить полные тексты статей для посетителей библиотеки и удаленных пользователей.



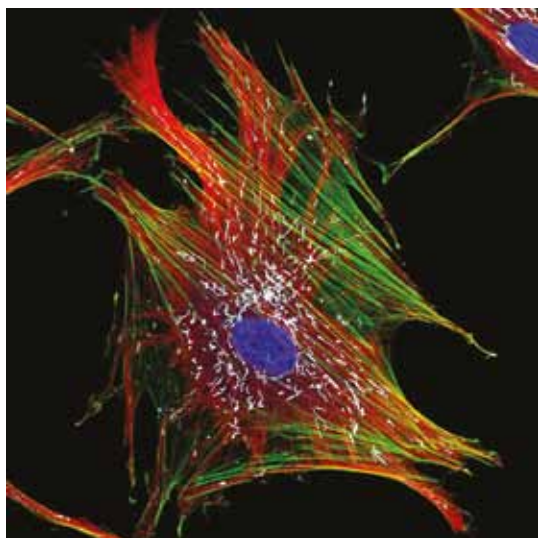
1. Bio-oil production from multi-waste biomass co-pyrolysis using analytical Py-GC/MS [Electronic resource] / S. Mariyam [et al.] // *Energies*. — 2022. — Vol. 15, iss. 19. — Article number: 7409. — DOI: 10.3390/en15197409: Scopus.

Переведенное заглавие: *Получение био-нефти способом совместного пиролиза биомассы и проведение анализа с использованием пиролизической газовой хромато-масс-спектрометрии.*

Развитие биоэнергетики предполагает более широкое внедрение в жизнь процесса

получения энергии из различных видов топлива. Перспективным направлением является переработка биомассы. Отходы биомассы требуют эффективных и экологически чистых технологий обращения с ними. Одним из таких методов обращения является пиролиз. Быстрый пиролиз происходит при высоких скоростях нагрева (10–100 °C/с), дает высокий процент выхода бионефти и является наиболее широко используемой технологией в области производства биотоплива. Выполнено сравнение влияния пиролиза на поведение биомассы при термической деструкции и состав бионефти между одиночной, бинарной и тройной сырьевой смесью. С этой целью проведен термогравиметрический анализ (TGA). Его осуществляли, постоянно повышая температуру на 30 °C/мин, начиная с комнатной и до 850 °C. Для быстрого пиролиза при температуре 500 °C со скоростью нагрева 10 °C/с использовали пиролизер Pyroprobe®, а содержание летучих веществ было определено количественно при помощи газовой хромато-масс-спектрометрии. Термогравиметрический анализ показал три основные стадии разложения: обезвоживание, удаление летучих веществ и коксовый остаток. Компоненты бионефти широко идентифицируются как альдегиды, амины, алифатические, ароматические соединения, спирты, фураны, кетоны и кислоты. Три продукта пиролиза из одной биомассы имели четыре общих соединения, уксусную кислоту и кетоновые группы (уксусная кислота, 2-пропанон, 1-гидрокси-, бензилметилкетон и 1,2-циклопентандион).

Бионефть, синтезированная из такого сырья, обладает большим потенциалом для производства летучих веществ, дизельного топлива и бензина с атомами углерода в диапазоне от C2 до C33.



2. Enhancing biofuels production by engineering the actin cytoskeleton in *Saccharomyces cerevisiae* [Electronic resource] / H. Liu [et al.] // Nature Communications. — 2022. — Vol. 13, iss. 1. — Article number: 1886. — DOI: 10.1038/s41467-022-29560-6: Scopus.

Переведенное заглавие: *Повышение производства биотоплива путем модификации актинового цитоскелета у Saccharomyces cerevisiae.*

Дрожжи *Saccharomyces cerevisiae* широко используются в качестве клеточной фабрики для производства биотоплива. Однако токсичность продукта препятствует развитию данной технологии. Спроектирован актиновый цитоскелет *S. cerevisiae*, как для увеличения роста клеток,

так и для выработки *n*-бутанола и среднецепочечных жирных кислот. Извитость актинового скелета регулируется при помощи автономного двунаправленного формирователя сигнала на основе промотора, реагирующего на *n*-бутанол, у дрожжей. Индекс бутонизации увеличивается на 14,0 %, что приводит к высокой линейной плотности *n*-бутанола — 1674,3 мг/л⁻¹. Кроме того, плотность актиновых пятен точно настраивается при помощи автономного двунаправленного формирователя сигналов на основе промотора, реагирующего на среднецепочечные жирные кислоты. Внутриклеточный pH стабилизируется на уровне 6,4, что дает самый высокий вес среднецепочечных жирных кислот — 692,3 мг/л⁻¹ в среде с пептон-декстрозой дрожжевого экстракта.

Разработка актинового цитоскелета *S. cerevisiae* дает возможность эффективно снижать токсичность биотоплива и увеличивать его производство.



3. Household food waste to biogas in Västerås, Sweden: a comprehensive case study of waste valorization [Electronic resource] / T. Liu [et al.] // Sustainability (Switzerland). — 2022. — Vol. 14, iss. 19. — Article number: 11925. — DOI: 10.3390/su141911925: Scopus.

Переведенное заглавие: *Переработка бытовых пищевых отходов в биогаз (Вестерос, Швеция): комплексное тематическое исследование валоризации отходов.*

Сегодня проблема пищевых отходов носит глобальный характер. Представлен систематический и углубленный анализ опыта Вестероса (Швеция), где биогаз в течение многих лет производится из пищевых отходов и используется в качестве возобновляемого топлива для транспортных средств. В статье рассмотрены раз-

личные аспекты заявленной темы: логистические потоки, рекуперация энергии, экологическая выгода, анализ затрат, социальное мнение. Так, в 2017 г. в Вестеросе было собрано 8879 т пищевых отходов, из которых сгенерировали 590 000 Нм³ биометана и обслужили 21 автобус, работающий на биогазе. По экспертной оценке, за счет замены ископаемого топлива на биогаз в транспортных средствах и централизованных установках для компостирования ТБО удалось сократить выбросы CO_{2-eq} на 1052,9–1541,2 т в эквиваленте. Фактическая прибыль от этого процесса составила 6,604 млн шведских крон, а максимальная экологическая выгода была оценена в 3,15–3,73 млн шведских крон. Активное участие жителей в разделении отходов имело решающее значение для успеха данного проекта. В качестве движущих факторов были предварительно определены ценностная ориентация и удобство объекта.

Данное исследование можно считать справочным материалом для промышленных, академических и муниципальных образований, которые заинтересованы в подобной практике.



4. Hydrothermal co-liquefaction of biomass and plastic wastes into biofuel: study on catalyst property, product distribution and synergistic effects [Electronic resource] / S. Mukundan [et al.] // Fuel Processing Technology. — 2022. — Vol. 238. — Article number: 107523. — DOI: 10.1016/j.fuproc.2022.107523: Scopus.

Переведенное заглавие: *Гидротермальное сжижение биомассы и пластиковых отходов для получения биотоплива: исследование свойств катализатора, распределение продукта, синергетический эффект.*

Описан эффективный способ превращения биомассы в бионефть высокого качества посредством процесса каталитического гидротермального сжижения (HTL) с систематически замещаемыми пластиковыми отходами, с большим количеством водорода полипропилена и использованием оксида металла на основе оксида алюминия (Mo, Ni, W и Nb) в качестве катализатора. HTL-обработка биомассы и полипропилена (0–75 мас. %) исследована как в субкритических, так и в сверхкритических водных условиях. Синергетический эффект между полипропиленом и биомассой наблюдался даже в докритических условиях (97,6 % синергии при 340 °С при соотношении 25 % полипропилена к биомассе), в то время как

эффективное разжижение полипропилена наблюдалось только в сверхкритических условиях. Отмечено, что оптимальная температура и замещение полипропилена составляют 420 °C и 25 % соответственно, с выходом биомасла (46,5 %), высокой дезоксигенизацией (65,1 %) и извлечением углерода (78,9 %) при использовании Nb/Al₂O₃ в качестве катализатора. Произведен углубленный анализ физико-химических свойств и распределения бионефтяного продукта по отношению к каждому катализатору и соотношению замещения полипропилена/биомассы. Катализатор Nb/Al₂O₃ показал отличную способность к вторичной переработке до 10 циклов.

Полученная бионефтяная смесь из-за низкого содержания кислорода очень перспективна для переработки в прекурсоры для химических веществ и транспортного биотоплива.



5. Influence of pine and alder wood-chips storage method on the chemical composition and sugar yield in liquid biofuel production [Electronic resource] / D. Szadkowska [et al.] // *Polymers*. — 2022. — Vol. 14, iss. 17. — Article number: 3495. — DOI: 10.3390/en15197409: Scopus.

Переведенное заглавие: *Влияние способа хранения сосновой и ольховой щепы на химический состав и выход сахара при производстве жидкого биотоплива.*

Изучено влияние способов хранения древесной щепы двух видов, сосны (*Pinus sylvestris L.*) и ольхи (*Alnus Mill.*), на основной химический состав и выход сахара при производстве жидкого биотоплива. Были использованы два способа хранения древесной биомассы: открытый штабель и укывной штабель. Древесина была срублена в конце ноября и хранилась в виде промышленной щепы в течение восьми месяцев, начиная с декабря. По истечении этого времени материал был собран для анализа химического состава и ферментативного гидролиза. Результаты химического анализа состава древесины для обеих изученных пород показали, что способ хранения оказывает влияние на состав отдельных структурных компонентов древесины. Основываясь на результатах ферментативного гидролиза древесной биомассы, можно видеть, что, независимо от гидролизованного материала (древесина, целлюлоза, холоцеллюлоза), материал из биомассы, хранящийся в открытом штабеле, показал более высокие результаты. Эффективность гидролиза также повышалась со временем, независимо от типа материала, который подвергался гидролизу. Самый высокий выход сахара в результате ферментативного гидролиза был получен из древесины ольхи, хранящейся в открытом штабеле.

Самый высокий выход сахара в результате ферментативного гидролиза целлюлозы был получен из целлюлозы, экстрагированной также из древесины ольхи, которая хранилась в открытом штабеле.

6. Karthikeyan, B. Fusion of vermicompost and sewage sludge as dark fermentative biocatalyst for biohydrogen production: a kinetic study [Electronic resource] / B. Karthikeyan, V. Gokuladoss // *Energies*. — 2022. — Vol. 15, iss. 19. — Article number: 6917. — DOI: 10.3390/en15196917: Scopus.

Переведенное заглавие: *Совместное использование биогуруса и осадка сточных вод в качестве «темного» ферментативного биокатализатора для производства биоводорода: кинетическое исследование.*



Исследована синергия между биогу́мсом и анаэробным осадком сточных вод (АС) в качестве инокулята для производства био-водорода с использованием пищевых отходов в качестве субстрата. Эксперименты были разработаны и проведены в два этапа. На первом этапе вермикомпост (VC) использовали в качестве инокулята, а пищевые отходы — в качестве субстрата при трех различных нормах загрузки: 10 г/л (VC1), 20 г/л (VC2) и 30 г/л (VC3). На втором этапе инокуляты были объединены в пропорции 50 % (VC + AS). Исследование показало, что

эффективное производство био-водорода составляет 20 ГВ/л при соотношении смеси био-гумуса и анаэробного ила 50:50. Между объединенными инокулятами наблюдалась эффективная синергия, которая индуцирует более эффективный метаболический путь для усиления выработки водорода. Выработка H₂ составила 33 мл/г (VC1), 48 мл/г (VS2), 35 мл/г (VC3), 46 мл/г (AS) и 50 мл/г (VC + AS). Предварительная термическая обработка (100–120 °С) инокулята подавляет микроорганизмы, продуцирующие метан, и увеличивает количество микробов, продуцирующих водород. В дополнение к образованию водорода в жидкой фазе образуются различные метаболиты, такие как уксусная кислота (2,957 г/л), масляная кислота (4,286 г/л) и пропионовая кислота (2,123 г/л). Содержание энергии составило 257 Дж/день.

Использование био-гумуса и осадка сточных вод в качестве «темного» ферментативного биокатализатора пригодно для производства био-водорода.



7. Pretreatment of corncob with green deep eutectic solvent to enhance cellulose accessibility for energy and fuel applications [Electronic resource] / S. Phromphithak [et al.] // Energy Reports. — 2022. — Vol. 8. — P. 579–585. — DOI: 10.1016/j.egyр.2022.07.071: Scopus.

Переведенное заглавие: *Предварительная обработка кукурузных початков «зеленым» глубоким эвтектическим растворителем для повышения количества получаемой целлюлозы и для ее дальнейшего использования при производстве биоэнергетических ресурсов.*

Кукурузные початки — это отходы сельскохозяйственного производства, которые можно использовать для производства биоэнергии. Однако способы и эффективность их переработки ограничены. Хлорид холина (ChCl) и глицерин считаются синтетическими глубокими эвтектическими растворителями (DESs), также известными как «зеленые» растворители. Эвтектические растворители фракционируют гемицеллюлозу и лигнин из сырой биомассы, за счет чего извлечение целлюлозы может быть улучшено. Исследована предварительная обработка кукурузных початков глубоким эвтектическим растворителем, приготовленным из ChCl и глицерина, при различных температурах реакции (60–150 °С), времени выдержки (6–15 ч) и молярных соотношениях ChCl и глицерина (1:0,5–4). Результаты показали, что

гемицеллюлоза и лигнин были эффективно экстрагированы из сырого кукурузного початка, и, следовательно, содержание целлюлозы в оставшемся твердом остатке, известном как материал, обогащенный целлюлозой (CRM), может быть повышен на 140 %. Температура реакции, время пребывания и присутствие CHCl_3 в растворителе значительно влияли на предварительную обработку кукурузных початков. Увеличение температуры реакции и времени выдержки привело к более высокому содержанию целлюлозы в материале, обогащенном целлюлозой, и увеличению количества извлеченной гемицеллюлозы и лигнина из сырого кукурузного початка. Без использования растворителя содержание целлюлозы в CRM-материалах и извлечение гемицеллюлозы и лигнина из образца были заметно снижены. Оптимальные условия: температура 150 °C, 12-часовое время выдержки и молярное соотношение CCl_4 к глицерину в соотношении 1:4 могут быть использованы для повышения количества целлюлозы в материалах, обогащенных целлюлозой более чем на 150 %.

Данные материалы с улучшенными лигноцеллюлозными свойствами могут быть использованы в качестве сырья для производства альтернативных источников топлива и энергии.



8. Pyrolysis of lignocellulosic, algal, plastic, and other biomass wastes for biofuel production and circular bioeconomy: a review of thermogravimetric analysis (TGA) approach [Electronic resource] / J. Escalante [et al.] // Renewable and Sustainable Energy Reviews. — 2022. — Vol. 169. — Article number: 112914. — DOI: 10.1016/j.rser.2022.112914; Scopus.

Переведенное заглавие: *Пиролиз лигноцеллюлозных, водорослевых, пластиковых и других отходов биомассы*

для производства биотоплива и круговой биоэкономики: обзор подхода термогравиметрического анализа (TGA).

В последние годы биомасса как устойчивый и возобновляемый источник энергии вызвала интерес ученых, занимающихся вопросами производства биоэнергии и биотоплива. Термическая конверсия биомассы путем пиролиза — это простой и недорогой способ, который может быть применен для сырья различного вида. При помощи термогравиметрического анализа проанализированы и исследованы характеристики пиролиза различных образцов сырья. Термогравиметрический анализ является важным инструментом и широко используется для исследования тепловых характеристик вещества в условиях нагрева, таких как динамика и кинетика термодеградаци. Изучение потенциала отходов биомассы для производства устойчивой биоэнергии прокладывает путь к циклическому режиму биоэкономики и может помочь преодолеть зависимость от невозобновляемых источников энергии. В статье дано представление о широком использовании термогравиметрического анализа для содействия исследованиям и разработкам в области пиролиза различных источников отходов биомассы. Более полное представление о продуктах, выделяющихся на стадии пиролиза, можно получить, объединив термогравиметрический анализ и другие аналитические методы анализа. Описаны плюсы и минусы использования данного метода.

Авторы помогают определить текущие тенденции и технологические усовершенствования (например, интеграцию искусственного интеллекта) использования термогравиметрического анализа.



9. Speciation and transformation of nitrogen for swine manure thermochemical liquefaction [Electronic resource] / Z. Liu [et al.] // Scientific Reports. — 2022. — Vol. 12, iss. 1. — Article number: 12056. — DOI: 10.1038/s41598-022-16101-w; Scopus.

Переведенное заглавие: *Получение и трансформация азота для термохимического сжигания свиного навоза.*

В низком диапазоне температур (180–300 °С) исследован механизм трансформации

азота в свином навозе путем термохимического сжигания с использованием этанола в качестве растворителя. Содержание азота в жидкофазных продуктах, бионефти и биоуглероде оценивалось с помощью рентгеновской фотоэмиссионной спектроскопии, методом газовой хромато-масс спектрометрии и других методов. После термохимического сжигания большая часть азота в свином навозе была переведена в биоуголь (63,75 %). При повышении температуры до 220 °С выход биоугля-N снизился до 43,29 %, что сопровождалось увеличением содержания бионефти-N и жидкофазного продукта-N на 7,99 и 1,26 % соответственно. Результаты показали, что повышение температуры может способствовать крекингу структуры твердого азота в бионефть-N. Амины и гетероциклический азот, образующиеся в результате крекинга белково-пептидных связей и реакций Майяра, составляют основные азотистые соединения в бионефти, а высокие температуры способствуют дальнейшей циклизации и конденсации гетероциклического азота (например, индола, хинолина). При термическом воздействии на биоуголь неорганический азот исчезал при температуре 260 °С и, очевидно, превращался в жидкофазные продукты. Повышение температуры способствовало полимеризации пиридинового азота и пиррольного азота, что приводило к образованию более стабилизированного азота (такого, как четвертичный азот). Изучена также конверсия азота и возможные реакции при термохимическом сжигании свиного навоза.

Технология термохимического сжигания свиного навоза может быть использована для получения биоугля, бионефти и других химических веществ.



10. Study on biogas production from corn straw pretreated by compound microorganisms [Electronic resource] / R. Fu [et al.] // Energy Reports. — 2022. — Vol. 8. — P. 279–285. — DOI: 10.1016/j.egy.2022.05.068; Scopus.

Переведенное заглавие: *Исследование получения биогаза из кукурузной соломы, предварительно обработанной сложными микроорганизмами.*

Кукурузную солому предварительно обработали организмами *Fomes fomentarius*, *Trichoderma adaptatum* и составным микробным агентом *Fomes fomentarius* и *Trichoderma*

adaptatum в тех же условиях. Путем анаэробной ферментации из предварительно обработанной соломы был получен биогаз. Согласно экспериментальным результатам, обнаружено, что предварительная обработка соломы сложными микроорганизмами и микробиоло-

гическим агентом может не только способствовать улучшению процесса получения биогаза при анаэробном брожении соломы, но и улучшить газообразование и эффективность газопроизводства. По сравнению с необработанной соломой, разложение лигнина и целлюлозы в соломе, предварительно обработанной сложным микробиологическим агентом, намного выше, и содержание лигнина снизилось с 16,6 до 6,8 %, а содержание целлюлозы — с 32,3 до 19,8 %. Кроме того, газообразование при предварительной обработке составным микробиологическим агентом увеличилось на 14,86 %, а время газообразования составило 6 дней, пик газообразования пришелся на 17-й день, объемная скорость газообразования достигла 2,008 мл/(мл·сут), а скорость газообразования сырья достигла значения 526,66 мл/г. Предварительная обработка соломы только одним микроорганизмом (*Fomes fomentarius*) также показала хороший эффект. Однако эффект предварительной обработки соломы только *Trichoderma adaptatum* является низким, что указывает на то, что предварительная обработка соломы штаммом, разлагающим лигнин, играет важную роль в повышении эффективности анаэробного брожения соломы.

Обработка пшеничной соломы сложными микробными организмами и микробными агентами — это перспективная технология получения биогаза из отходов сельскохозяйственного производства.

11. Thakur, H. Biogas production from anaerobic co-digestion of sewage sludge and food waste in continuously stirred tank reactor [Electronic resource] / H. Thakur, A. Dhar, S. Powar // Results in Engineering. — 2022. — Vol. 16, iss. 17. — Article number: 100617. — DOI: 10.1016/j.rineng.2022.100617: Scopus.

Переведенное заглавие: *Получение биогаза путем совместного анаэробного сбраживания осадка сточных вод и пищевых отходов в резервуарном реакторе с непрерывным перемешиванием.*

Изучены возможности монтажа анаэробного варочного котла в децентрализованную муниципальную установку по очистке сточных вод для обработки бытовых отходов на месте. Целью данного исследования стало выявление пригодности осадка сточных вод и пищевых отходов для производства биогаза. Оно было проведено в лабораторном резервуарном реакторе с непрерывным перемешиванием, имеющем рабочий объем 6,5 л при мезофильной температуре. Осадок сточных вод бумажной фабрики использовали в качестве инокулята и стабилизировали с использованием субстрата из пищевых отходов в течение первых 50 дней в периодическом режиме. Совместное сбраживание пищевых отходов и биофлокулированного осадка сточных вод проводили в течение 120 дней с использованием непрерывной подачи для поддержания скорости загрузки органических веществ 2,5 gVSL-1D-1at и времени задержки стоков продолжительностью в 4 дня. 2 % пищевых отходов и 98 % биофлокулированного осадка сточных вод подавали в реактор на протяжении всего эксперимента. Самое высокое накопление летучих жирных кислот составило 1902 мг/л⁻¹, и было обнаружено, что максимальный выход биометана составляет 127,05 млч4/г⁻¹. Уровень pH с текущим соотношением подачи был стабилен во время работы реактора без добавления внешнего источника щелочности.

Технология совместного анаэробного сбраживания осадка сточных вод и пищевых отходов для получения биогаза будет способствовать решению экологических проблем и сократит количество пищевых отходов.

12. The contribution of G-layer glucose in *Salix* clones for biofuels: comparative enzymatic and HPLC analysis of stem cross sections [Electronic resource] / J. Gao [et al.] // Biotechnology for Biofuels and Bioproducts. — 2022. — Vol. 15, iss. 1. — Article number: 25. — DOI: 10.1186/s13068-022-02123-z: Scopus.

Переведенное заглавие: *Влияние поступления глюкозы в G-слои клонов ивы (Salix) для производства биотоплива: сравнительный ферментативный анализ и анализ методом высокоэффективной жидкостной хроматографии поперечных срезов стеблей.*

За последние 10 лет значительно возрос интерес к использованию ивы короткого севооборота в качестве лигноцеллюлозного сырья для производства жидкого транспортного топлива. Одним из легкодоступных источников глюкозы в 2-летних стеблях четырех клонов Salix (Tora, Björn, Jorr, Loden), является тяговая древесина (ТД). При помощи количественного анализа поперечных сечений ствола, а также методом высокоэффективной жидкостной хроматографии определяли глюкозу, остаточные сахара и лигнин в тяговой древесине. Анализ состава проводили для четырех образцов, полученных из стеблей и глюкозы, полученной в результате ферментативного осахаривания двух студенистых G-слоев (G-глюкоза), глюкозы структурных клеточных стенок (CW-глюкоза), оставшейся после осахаривания, и общей глюкозы (Т-глюкоза). Проведены анализ присутствия других характерных сахаров, а также растворимого в кислоте и нерастворимого лигнина. Определение Т-глюкозы методом ВЭЖХ в клонах Salix варьировалось от 47,1 до 52,8 %, демонстрируя тенденцию к повышению Т-глюкозы с увеличением роста клонов (Björn, Tora и Jorr). В результате анализа выявлено, что Tora (24,2 %) и Björn (28,2 %) показали большие объемы тяговой древесины, чем Jorr (15,5 %) и Loden (14,0 %). Общее количество G-глюкозы при ферментативном осахаривании тяговой древесины G-слоев варьировалось от 3,7 до 14,7 %, возрастал по мере увеличения общего объема ТД. CW-глюкоза, измеренная после ферментативного осахаривания, показала средние значения 41,9–49,1 %. Общее количество лигнина между клонами и внутри них показало небольшие различия со средними вариациями 22,4–22,8 % и 22,4–24,3 % после ферментативного осахаривания. Использование поперечных срезов стебля и ферментативного осахаривания — это лучший способ для определения свободно доступной G-глюкозы, который поможет проводить сравнения между клонами Salix. Использование срезов стеблей позволило провести дискретные морфологические/композиционные сравнения тканей между клонами с результатами, совместимыми с традиционными подходами «мокрого» химического анализа, при которых измельчаются и анализируются целые стебли. Четыре клона показали разное количество тяговой древесины и наличие общего процента G-глюкозы в порядке Björn > Tora > Jorr > Loden.

Рассчитанные в пересчете на 1 м³ стебли Salix, Tora и Björn будут содержать около 0,24 и 0,28 м³ тяговой древесины, что представляет собой значительное количество свободно доступной глюкозы.

13. The potential for biogas production from autumn tree leaves to supply energy and reduce greenhouse gas emissions — a case study from the city of Berlin [Electronic resource] / A. de J. Vargas-Soplín [et al.] // Resources, Conservation and Recycling. — 2022. — Vol. 187. — Article number: 106598. — DOI: 10.1016/j.resconrec.2022.106598: Scopus.

Переведенное заглавие: *Потенциал производства биогаза из осенних листьев деревьев для обеспечения энергией и сокращения выбросов парниковых газов: на примере Берлина.*

Осенние листья деревьев — это отходы, которые образуются ежегодно и обычно компостируются, но они также могут быть использованы в качестве сырья для производства биогаза. Проанализированы три сценария для оценки использования листьев деревьев: а) компостирование (сценарий — развитие без существенных изменений); б) производство биогаза; в) предварительная обработка листьев перед производством биогаза. Для данных сценариев выбросы парниковых газов и потенциал производства энергии были рассчитаны с использованием модели воздействия на использование биологических ресурсов (BIORIM)

и с учетом местоположения и мощности существующих сельскохозяйственных биогазовых установок. Особое внимание уделено гниению листьев перед их поступлением в биогазовую установку. Сравнительные исследования показали, что сценарии, связанные с биогазом, имели лучшие показатели с точки зрения выбросов парниковых газов ($-140,1$ кг $\text{CO}_{2\text{eq}}$ на 1 т листьев для биогаза и $-167,4$ кг $\text{CO}_{2\text{eq}}$ для предварительной обработки перед производством биогаза), чем сценарий развития без существенных изменений ($49,0$ кг $\text{CO}_{2\text{eq}}$ для компостирования). Предварительно обработанные листья привели к самым низким чистым выбросам и самой высокой выработке энергии на тонну сырья. Меры по уменьшению гниения листьев, такие как увеличение загрузки биогазовой установки или силосование, привели к снижению чистых выбросов и повышению выработки энергии. Однако необходимы дальнейшие исследования в отношении затрат и логистической осуществимости для надлежащего внедрения данной концепции.

Использование листьев для производства биогаза может стать альтернативным источником энергии, который мог бы сократить долю импорта ископаемого топлива и электроэнергии для городов. Около 7,5 метрических тонн предварительно обработанных листьев покрывали бы среднее потребление электроэнергии одним человеком в год.

*С полными текстами статей можно ознакомиться в Республиканской научно-технической библиотеке в зале информационно-справочной службы (комн. 613) и в читальном зале периодических изданий (комн. 614).
Телефон для справок: (+375 17) 226 61 88.*

Сделать заказ на электронную доставку документа (получение на свой электронный адрес цифровой копии необходимой статьи) можно, позвонив по телефону (+375 17) 203 32 41.

*Д. Д. Амбражевич,
библиограф I категории
отдела научно-библиографической работы РНТБ*

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

В журнале «Новости науки и технологий» публикуются научные и проблемные статьи, а также краткие сообщения по вопросам экономики и управления народным хозяйством, развития науки и технологий в Республике Беларусь и других странах, посвященные пропаганде перспективных направлений науки и техники, производства, инновационной деятельности, международного сотрудничества.

В соответствии с приказом Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь от 28 января 2022 г. № 14 журнал входит в Перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований по экономическим и техническим (машиностроение и машиноведение; приборостроение, метрология и информационно-измерительные системы) наукам.

Журнал включен в наукометрическую базу данных — Российский индекс научного цитирования (РИНЦ). Электронные версии статей, опубликованных в журнале, размещаются в Научной электронной библиотеке eLIBRARY.RU.

Редакция журнала приглашает ученых и специалистов в качестве авторов статей журнала и просит при представлении материалов руководствоваться следующими правилами.

1. Рукопись статьи (далее — статья, произведение) на русском, или белорусском, или английском языках представляется в редакцию на бумажном носителе (формат А4) в двух экземплярах, пронумерованных и подписанных всеми авторами.

2. К статье о результатах работ, выполненных в организации, прилагают: ходатайство (сопроводительное письмо) организации об опубликовании статьи; заключение (акт экспертизы) об отсутствии в работе сведений, составляющих государственную тайну; рецензию (для научных статей). Нельзя направлять в редакцию работы, напечатанные в иных изданиях либо направленные в иные издания.

3. Электронный вариант статьи в форматах документов *.doc, *.docx и **метаданных произведения** представляются на электронном носителе (CD, DVD) либо электронным письмом с приложением на электронный почтовый ящик **doroshuk@belisa.org.by** или **sudilovskaya@belisa.org.by**. Названия прикрепленных к письму файлов должны включать фамилии авторов.

4. В редакцию на бумажном носителе представляются **лицензионный договор и акт приема-передачи произведения**, оформленные и подписанные каждым автором. *Авторы, ранее заключавшие договор с журналом, предоставляют только акт приема-передачи произведения.*

5. Основной текст статьи набирается шрифтом типа Times, размер символов 12 п., одинарный интервал, абзацный отступ 1 см, поля: левое — 3, правое — 1, верхнее — 2, нижнее — 2 см, в текстовых редакторах Word под Windows, для формул — в формульном редакторе Word.

6. Рукописи статей должны включать следующие элементы:

- индекс УДК (<http://udc.biblio.uspu.ru/>);
- название статьи **на русском и английском языках**;

– сведения об авторах (для каждого из авторов) **на русском и английском языках**: фамилия, имя, отчество; должность, ученая степень, ученое звание; название организации, в которой работает (учится), город, страна;

– аннотацию (резюме) (до 100–150 слов, или 1000–1200 печатных знаков) к статье **на русском и английском языках**;

– ключевые слова или словосочетания (до 15) **на русском и английском языках** (ключевые слова или словосочетания отделяются друг от друга запятой);

– полный текст статьи;

– библиографический список литературы (только на языке оригинала).

7. Объем статьи не должен превышать 10–15 страниц (включая таблицы, иллюстрации и список литературы). Принимаются краткие сообщения до трех страниц. Объем научной статьи, учитываемой в качестве публикации по теме диссертации, должен составлять не менее 0,35 авторского листа (14 000 печатных знаков с пробелами).

8. Весь иллюстративный материал (кроме диаграмм MS Excel, MS Graph) предоставляется в наилучшем качестве в виде отдельных файлов с разрешением не менее 300 dpi, содержащих номер рисунка с расширением, указывающим на формат используемого файла (*1.TIF, *2.JPG и т. д.), а также (или) в форме отпечатанных фотографий. Каждый рисунок должен иметь название, которое помещается под рисунком. Если в тексте более одного рисунка, то они нумеруются арабскими цифрами (например: «Рис. 1. Название...»). Номер помещается перед названием. Таблицы вставляются в текст, они должны обязательно иметь название и заголовки всех граф.

9. Основным шрифтом набираются: греческие и русские буквы; математические символы (sin, lg); символы химических элементов (C, Cl, CHCl₃); цифры (римские и арабские); векторы, индексы (верхние и нижние), являющиеся сокращениями слов. Курсивом набираются латинские буквы: переменные, символы физических величин (в том числе и в индексе). Жирным шрифтом набираются векторы (стрелки сверху не ставятся), а также слова и цифры, которые нужно выделить. Формулы с дробями, знаками сумм, интегралов, верхними и нижними индексами набираются в редакторе формул MathType. Отдельно стоящие в тексте буквы (a, b, d, j, l, m, r и др.), знаки и символы (€, ±, ', ^, ¥, °, ¢ и др.) набираются без использования редактора формул: они вставляются из меню Вставка/Символ. Если длина формулы превышает длину строки, то следует разорвать данную формулу на несколько строк в соответствии с правилами переноса математических формул.

10. Размерности всех величин, используемых в тексте, должны соответствовать Международной системе измерения (СИ).

11. Литература приводится общим списком в конце статьи. Ссылки на литературу в тексте идут по порядку и обозначаются цифрой в квадратных скобках (например: [1], [2]). Список литературы оформляется в соответствии с ГОСТ 7.1-2003. Литература на английском языке набирается

по тем же правилам, что и русскоязычная. Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

12. Иллюстрации, формулы, уравнения и сноски, встречающиеся в статье, нумеруются в соответствии с порядком цитирования в тексте.

13. Представляя текст статьи для публикации в журнале, авторы гарантируют правильность всех сведений о себе, отсутствие плагиата и других форм неправомерного заимствования в представленной рукописи статьи, надлежащее оформление всех заимствований текста, таблиц, схем, иллюстраций.

14. Материалы и рукописи статей, представленные в редакцию с нарушением требований настоящих Правил, редакцией не рецензируются и не рассматриваются на предмет опубликования. Рукописи автору не возвращаются.

15. Оригиналы авторских рукописей хранятся в редакции в течение года, рецензий — в течение трех лет.

16. Рецензирование научных материалов осуществляется путем стороннего и внутреннего рецензирования. При стороннем рецензировании авторы прилагают к рукописи статьи внешнюю рецензию доктора или кандидата наук, заверенную в установленном порядке, при этом редакция оставляет за собой право проведения дополнительного внутреннего рецензирования. Внутреннее рецензирование осуществляется членами редакционной коллегии соответствующего научного профиля с ученой степенью доктора или кандидата наук, назначаемыми редакционной коллегией, редакционным советом или главным редактором. Основным критерием целесообразности публикации является новизна и информативность статьи. При наличии отрицательной рецензии статья возвращается автору для доработки с учетом замечаний рецензента. Переработанные авторами статьи повторно направляются на рецензирование. В случае повторной отрицательной рецензии статья снимается с дальнейшего рассмотрения редколлегией. Датой поступления статьи считается день получения редакцией окончательного варианта статьи. В случае отказа в опубликовании представленных материалов редакция не дает письменного заключения о причинах такого решения, не знакомит автора с результатами рецензирования и не возвращает поступившие материалы.

17. Редакция оставляет за собой право на редакционные изменения, не искажающие основное содержание статьи.

Раздел подготовлен по материалам издательства научной и медицинской литературы Elsevier, а также материалов Международного Комитета по публикационной этике (COPE)

18. Этика научных публикаций.

18.1. Все статьи, представленные для публикации в журнале «Новости науки и технологий», проходят рецензирование на оригинальность, этичность и значимость. Соблюдение стандартов этического поведения важно для всех сторон, принимающих участие в публикации: авторов, редакторов журнала, рецензентов, издателя.

18.2. Автор материала, представленного к опубликованию, не должен публиковать работы, которые описывают

по сути одно и то же исследование, более чем один раз или более чем в одном журнале.

Предоставление рукописи более чем в один журнал одновременно означает неэтичное издательское поведение и является недопустимым.

18.3. Авторство необходимо ограничить теми лицами, которые внесли ощутимый вклад в концепцию, проект, исполнение или интерпретацию заявленной работы. Всех, кто внес ощутимый вклад, следует внести в список соавторов.

18.4. Автор должен гарантировать, что список авторов содержит только действительных авторов и в него не внесены те, кто не имеет отношения к данной работе, а также то, что все соавторы ознакомились и одобрили окончательную версию статьи и дали свое согласие на ее публикацию.

18.5. Редколлегия рецензируемого журнала «Новости науки и технологий» является ответственной за принятие решения о том, какие статьи будут опубликованы в журнале. Решение принимается на основании представляемых на статью рецензий. Редактор может советоваться с другими редакторами для принятия решений.

18.6. Редакционная коллегия журнала «Новости науки и технологий» при рассмотрении статьи на основании рекомендации Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь может произвести проверку материала с помощью системы «Антиплагиат».

18.7. Неопубликованные материалы, находящиеся в предоставленной статье, не должны быть использованы в собственном исследовании научного редактора и рецензентов без специального письменного разрешения автора.

18.8. Рецензенты должны идентифицировать опубликованную работу, которая не была процитирована автором. Любое утверждение, что наблюдение, происхождение либо аргумент ранее были сообщены, необходимо сопровождать соответствующей ссылкой. Рецензент также должен донести до сведения редакции о любой существенной схожести или частичном совпадении между рукописью, которая рецензируется, и другой уже опубликованной работой, которая ему знакома.

18.9. Приватная информация или идеи, возникшие в процессе рецензирования, должны остаться конфиденциальными и не могут быть использованы в личных интересах. Рецензент не должен рассматривать рукопись, если имеет место конфликт интересов в результате его конкурентных, партнерских либо других отношений или связей с кем-либо из авторов, компаний или организаций, связанных с материалом публикаций.

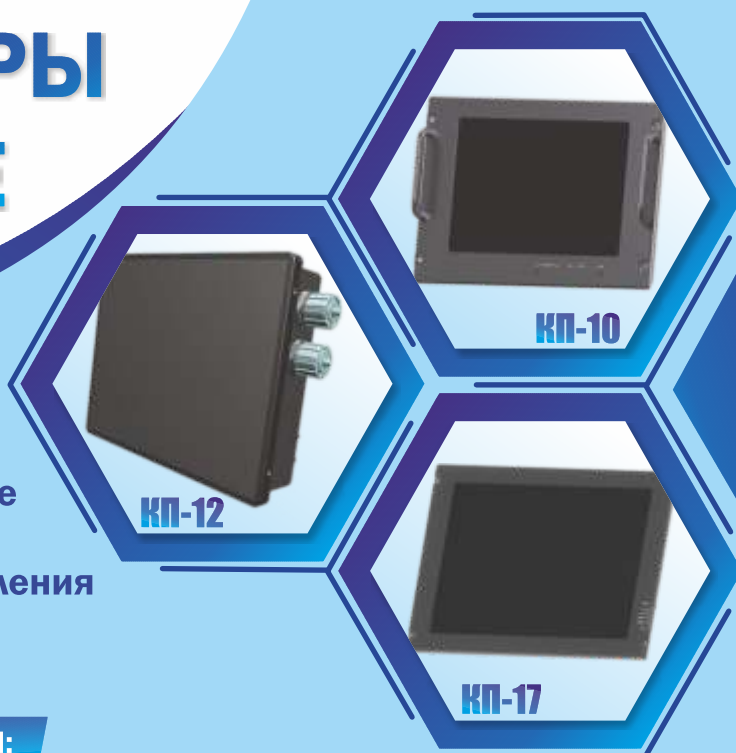
18.10. Рецензенты или кто-либо из сотрудников штаба редакции не должны разглашать никакую информацию о предоставленной рукописи кому-либо, кроме самого автора, рецензентов, потенциальных рецензентов, других редакционных советников и издателя, поскольку она является конфиденциальной.

**Материалы в редакцию следует направлять по адресу:
пр. Победителей, 7, 220004, г. Минск
ГУ «БелИСА» (журнал «Новости науки и технологий»)**

**Тел.: (+375 17) 203-41-23, 306-09-46,
факс: (+375 17) 226-63-25**

КОМПЬЮТЕРЫ ПАНЕЛЬНЫЕ

**Предназначены
для использования в составе
автоматизированных
рабочих мест систем управления
различного назначения.**



ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ:

Параметры	КП-10	КП-12	КП-17
Диагональ экрана, см (дюйм)	26 (10")	30.7 (12.1")	43 (17")
Напряжение питания, В	от 10 до 30, постоянное		
Потребляемая мощность, Вт, не более	50	50	60
Сенсорный экран	емкостной	емкостной	емкостной
Разрешение монитора	1024×768	1024×768	1280×1024
Яркость свечения, кд/м ² , не менее, номинальное	720, 900	880, 1110	1200
Контрастность изображения, не менее, номинальное	450:1, 700:1	520:1, 800:1	700:1
Угол обзора экрана в горизонтальной плоскости, градусов	± 80	± 80	± 80
Угол обзора экрана в вертикальной плоскости, градусов	± 80	± 80	± 70
Тип процессора	ARM Cortex A9 (2 ядра)	ARM Cortex A9 (2 ядра)	Intel Gen6 Core i7-6600U
Тактовая частота процессора, МГц	800	800	2 ядра по 2.6 ГГц
Оперативная память, ГБ	4	2	16 (DDR3, частота 2133 МГц)
Габаритные размеры, мм, не более	294x224x80 (без ручек)	314x226x90	410x334x78
Рабочий диапазон температур окружающей среды, °С	от минус 40 до 60	от минус 40 до 60	от минус 40 до 60
Предельный диапазон температур окружающей среды, °С	от минус 50 до 70	от минус 50 до 70	от минус 40 до 85
Устойчивость к повышенной влажности, % (при температуре 35 °С)	98	98	98
Устойчивость к вибрации в диапазоне частот от 1 до 200 Гц с ускорением, g	2	2	6
Устойчивость к механическому удару одиночного действия, g	50	50	50
Устойчивость к механическому удару многократного действия, g	15	15	15
Дополнительные опции:	Разработка ПО по требованиям заказчика		



ISSN 2075-7204



9 772075 720008