



Научно-практический журнал
Дальневосточного государственного
технического рыбохозяйственного университета.
Издается с 1996 года

Том 61
3 | 2022

НАУЧНЫЕ ТРУДЫ ДАЛЬРЫБВТУЗА



БИОТЕХНОЛОГИИ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ
И БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ

ПИЩЕВЫЕ СИСТЕМЫ

РЫБНОЕ ХОЗЯЙСТВО, АКВАКУЛЬТУРА
И ПРОМЫШЛЕННОЕ РЫБОЛОВСТВО

СУДОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ
УСТАНОВКИ И ИХ ЭЛЕМЕНТЫ
(ГЛАВНЫЕ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ)

61

ISSN 2713-3222 (Online)



Научно-практический журнал
Дальневосточного государственного
технического рыбохозяйственного университета.
Издается с 1996 года

Том 61
3 | 2022

НАУЧНЫЕ ТРУДЫ ДАЛЬРЫБВТУЗА

телефон: (423) 244-21-91
e-mail: nauch-tr@dgtru.ru
сайт: <http://nauch-tr.dgtru.ru>

61

SCIENTIFIC JOURNAL OF THE FAR EASTERN
STATE TECHNICAL FISHERIES UNIVERSITY

Научные труды Дальрыбвтуза. 2022. № 3 (т. 61)

Научный журнал
Издается с 1996 г.
Выходит 4 раза в год

Учредитель и издатель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет». Адрес: Россия, 690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 526; e-mail: nauch-tr@dgtru.ru

Главный редактор – Ю.С. Ключков, доктор технических наук, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург

Научный редактор – О.И. Шестак, кандидат исторических наук, начальник Научного управления, Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, Владивосток

Ответственный редактор – Л.А. Харитонова, директор ЦПД «Издательство Дальрыбвтуза», Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, Владивосток

Ответственный секретарь – Л.Н. Зуева, Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, Владивосток

Редакционная коллегия:

Н.Н. Ковалёв, доктор биологических наук, профессор, Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, Владивосток – *ответственный редактор рубрики «Биотехнологии продуктов питания и биологически активных веществ»;*

С.В. Лисиенко, кандидат экономических наук, Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, Владивосток – *ответственный редактор рубрики «Рыбное хозяйство, аквакультура и промышленное рыболовство»;*

С.Н. Максимова, доктор технических наук, профессор, Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, Владивосток – *ответственный редактор рубрики «Пищевые системы»;*

Б.И. Руднев, доктор технических наук, профессор, Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, Владивосток – *ответственный редактор рубрики «Судовые энергетические установки и их элементы (главные и вспомогательные)»;*

В.Д. Богданов, доктор технических наук, профессор, Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, Владивосток;

С.А. Бредихин, доктор технических наук, профессор, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва;

Ли Вэй, кандидат биологических наук, профессор, Даляньский океанологический университет, Далянь, Китай;

И.А. Кадникова, доктор технических наук, профессор, Тихоокеанский филиал «ВНИРО» («ТИНРО»), Дальневосточный федеральный университет, Владивосток;

В.Н. Казаченко, доктор биологических наук, профессор, Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, Владивосток;

Г.П. Кича, доктор технических наук, профессор, Морской государственный университет им. адм. Г.И. Невельского, Владивосток;

А.И. Крикун, кандидат технических наук, доцент, Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, Владивосток;

И.В. Матросова, кандидат биологических наук, доцент, Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, Владивосток;

О.Я. Мезенова, доктор технических наук, профессор, Калининградский государственный технический университет, Калининград;

Нгуен Ву Тхань, профессор, доктор наук, Департамент нематодологии Института экологии и биологических ресурсов Вьетнамской академии наук и технологий (ВАНТ), Ханой, Вьетнам

Т.Н. Пивненко, доктор биологических наук, профессор, Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, Владивосток;

С.Е. Поздняков, доктор биологических наук, профессор, Тихоокеанский филиал «ВНИРО» («ТИНРО»), Владивосток;

С.Д. Руднев, доктор технических наук, доцент, профессор, Кемеровский государственный университет, Кемерово;

Т.Н. Слуцкая, доктор технических наук, профессор, Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, Владивосток;

А.Н. Соболенко, доктор технических наук, профессор, Морской государственный университет им. адм. Г.И. Невельского, Владивосток;

П.А. Стародубцев, доктор технических наук, профессор, Тихоокеанское высшее военноморское училище им. адм. С.О. Макарова, Владивосток;

О.В. Табакаева, доктор технических наук, доцент, Дальневосточный федеральный университет, Владивосток;

Ю.В. Шокина, доктор технических наук, профессор, Мурманский государственный технический университет, Мурманск.

СОДЕРЖАНИЕ

БИОТЕХНОЛОГИИ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ И БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ.....	6
<i>Тарасов А.В., Заворохина Н.В.</i> Антиоксидантная активность как маркер идентификации вин	6
ПИЩЕВЫЕ СИСТЕМЫ	13
<i>Тимчук Е.Г.</i> Применение технологии блокчейн в целях обеспечения прослеживаемости пищевой продукции: текущее состояние и перспективы	13
<i>Тимчук Е.Г.</i> Применение искусственного интеллекта в пищевой промышленности	21
<i>Ткаченко Т.И., Максимова В.И., Юдин В.Г.</i> Управление процессами нанесения защитных покрытий при изготовлении жестяной тары на производственной базе ООО «Большекаменская ЖБФ «Доброфлот»	43
РЫБНОЕ ХОЗЯЙСТВО, АКВАКУЛЬТУРА И ПРОМЫШЛЕННОЕ РЫБОЛОВСТВО.....	50
<i>Гинатуллина Е.Н., Туйчиев К.С., Рахимджанова Э.Х.</i> Выращивание хлореллы открытым способом для повышения продуктивности рыбоводных прудов	50
СУДОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ И ИХ ЭЛЕМЕНТЫ (ГЛАВНЫЕ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ)	57
<i>Гамс А.В.</i> Тенденции развития безэкипажного (автономного) судовождения в России.....	57
<i>Ганнесен В.В., Соловьёва Е.Е.</i> Человеческий фактор как одна из основных причин аварийности	64
<i>Ганнесен В.В., Соловьёва Е.Е.</i> Аварийность морских судов и методология поиска причинно-следственных связей, приведших к аварии	70
<i>Ганнесен В.В., Соловьёва Е.Е.</i> Риски получения повреждений корпуса судна при ведении промысла во льдах	77
<i>Григорьева Е.В., Куличков С.В., Плоткина В.А.</i> Применение междисциплинарного подхода в образовательной и научно-исследовательской деятельности на примере преподавания инженерных дисциплин курсантам судомеханических специальностей	87
<i>Плоткина В.А.</i> Моделирование поверхностей, способствующих снижению сопротивления	93

CONTENTS

BIOTECHNOLOGY OF FOOD AND BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES.....	6
<i>Tarasov A.V., Zavorokhina N.V.</i> Antioxidant activity as a wine identification marker	6
FOOD SYSTEMS	13
<i>Timchuk E.G.</i> Application of blockchain technology in order to ensure the traceability of food products: current state and prospects	13
<i>Timchuk E.G.</i> Application of artificial intelligence in the food industry.....	21
<i>Tkachenko T.I., Maksimova V.I., Yudin V.G.</i> Management the processes of applying protective coatings in the manufacture of tin containers at the production base of LLC «Bolshekamenskaya ZhBF «Dobroflot».....	43
FISHERIES, AQUACULTURE AND INDUSTRIAL FISHERIES.....	50
<i>Ginatullina E.N., Toychiyev K.S., Rachimjanova E.Kh.</i> Growing <i>Chlorella</i> species in the open ponds to increase of fish productivity	50
MARINE POWER PLANTS AND THEIR ELEMENTS (MAIN AND AUXILIARY).....	57
<i>Gams A.V.</i> Trends in the development of unmanned (autonomous) navigation in Russia.....	57
<i>Gannesen V.V., Soloveva E.E.</i> The human factor as one of the main causes of accidents	64
<i>Gannesen V.V., Soloveva E.E.</i> The accident rate of sea vessels and the methodology for searching for the accident causes	70
<i>Gannesen V.V., Soloveva E.E.</i> Features of operation of fishing vessels in ice conditions	77
<i>Grigoryeva E.V., Kulichkov S.V., Plotkina V.A.</i> Application of an interdisciplinary approach in educational and research activities on the example of teaching engineering disciplines to cadets of ship-mechanical specialties	87
<i>Plotkina V.A.</i> Modeling of surfaces contributing reducing resistance.....	93

БИОТЕХНОЛОГИИ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ И БИОЛОГИЧЕСКИ
АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ

Научная статья

УДК 543.252

Антиоксидантная активность как маркер идентификации вин

Алексей Валерьевич Тарасов¹, Наталия Валерьевна Заворохина²

^{1,2} Уральский государственный экономический университет, Екатеринбург, Россия

¹ tarasovav@usue.ru, [http:// orcid.org/ 0000-0001-7642-6532](http://orcid.org/0000-0001-7642-6532)

² ip@usue.ru, [http://orcid.org 0000-0001-5458-8565](http://orcid.org/0000-0001-5458-8565)

Аннотация. Посвящена исследованию качества красных сухих вин различных терруаров. Изучены органолептические показатели вин, в том числе дескрипторный профиль, и физико-химические показатели вин, в том числе антиоксидантная активность (АОА). На основании результатов корреляционного анализа предложено использовать АОА в качестве одного из маркеров идентификации вин.

Ключевые слова: антиоксидантная активность, маркер, идентификация, вино, качество

Для цитирования: Тарасов А.В., Заворохина Н.В. Антиоксидантная активность как маркер идентификации вин // Научные труды Дальрыбвтуза. 2022. Т. 61, № 3. С. 6–12.

BIOTECHNOLOGY OF FOOD AND BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES

Original article

Antioxidant activity as a wine identification marker

Aleksey V. Tarasov¹, Natalia V. Zavorokhina²

^{1,2} Ural State University of Economics, Yekaterinburg, Russia

¹ tarasovav@usue.ru, [http:// orcid.org/ 0000-0001-7642-6532](http://orcid.org/0000-0001-7642-6532)

² ip@usue.ru, [http://orcid.org 0000-0001-5458-8565](http://orcid.org/0000-0001-5458-8565)

Abstract. The article is devoted to the study of the quality of table red wines of various terroirs. The organoleptic characteristics of wines, including the descriptor profile, and the physico-chemical parameters of wines, including antioxidant activity (AOA), were studied. Based on the results of the correlation analysis, it was proposed to use AOA as one of the wine identification markers.

Keywords: antioxidant activity, marker, identification, wine, quality

For citation: Tarasov A.V., Zavorokhina N.V. Antioxidant activity as a wine identification marker. *Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University*. 2022;61(3): 6–12. (in Russ.).

Введение

Виноградное вино имеет сложный химический состав, включающий около 600 различных соединений, из которых одни переходят в вино из виноградной ягоды, другие же накапливаются в процессе брожения и выдержки [1]. Важную роль в формировании органолептических и полезных свойств вин играют фенольные соединения, такие, как гидроксикоричные и гидроксibenзойные кислоты, флавоноиды (антоцианидины, флавонолы, флаванолы, гидролизуемые и конденсированные танины, флаваноны, флавоны и халконы), стильбены, тирозол и гидрокситирозол. Цвет, вкус, аромат и биологически полезные свойства вин во многом обусловлены этими фенольными соединениями [2–4]. Важным видом биологической активности является антиоксидантная активность (АОА), которая связана со способностью фенольных и некоторых нефенольных соединений акцептировать свободные радикалы, что приводит к снижению окислительной модификации биомолекул (липидов, белков, ДНК) [5–7]. Пищевые продукты с высоким содержанием антиоксидантов, в том числе напитки [6, 7], могут рассматриваться в качестве инструмента антиоксидантной терапии, направленной на снижение повышенного уровня окислительного стресса и связанных с ним заболеваний.

Задачами идентификации является выявление и подтверждение натуральности конкретного вида или наименования товара, а также соответствия определенным требованиям или информации о нем, какая представлена на этикетке или в сопровождающих товар документах. Целью этого исследования являлось изучение органолептических и физико-химических показателей и предложение новой методики идентификации вин.

Объекты и методы исследований

Объектами исследования являлись четыре образца красного сухого вина: 1) вино столовое сухое красное каберне «Легенда Крыма» производства ООО «Евпаторийский завод классических вин», г. Евпатория; 2) вино географического наименования сухое красное «Каберне Тамани», Серия «Шато Тамань» производства ООО «Кубань Вино», станция Старотитаровская; 3) вино марочное сухое красное «Каберне Качинское GRAND RESERVE» производства ООО «Инкерманский завод марочных вин», г. Инкерман, г. Севастополь; 4) вино защищенного географического указания полусухое красное «Sunrise Каберне Совиньон» производства Vina Concha y Toro S.A., Чили.

Органолептические исследования образцов красного сухого вина выполняли в соответствии с ГОСТ 32051 [8], ГОСТ ISO 3972 [9], ГОСТ ISO 5496 [10] и ГОСТ ISO 13299 [11]. Титруемую кислотность определяли методом кислотно-щелочного титрования с использованием бромтимолового синего в качестве индикатора по ГОСТ 32114 [12]. Содержание сухих веществ определяли рефрактометрическим методом по ГОСТ ISO 2173 [13]. Объемную долю этилового спирта определяли ареометрическим методом по ГОСТ 32095 [14]. АОА оценивали потенциометрическим методом с использованием гексацианоферратов калия в качестве медиаторной системы [7].

Плотность, вязкость, структура, тягучесть и вес напитка, которые чувствуются во рту, – все эти характеристики и определяют полнотелость вина. Чем ярче эти свойства, тем более полнотелым считается напиток. Формируют «тело», в первую очередь, алкоголь, сахар и кислоты. Чем больше концентрация спирта, тем более плотным и густым ощущается напиток [15]. Аналогично и с количеством сахара: чем его больше, тем гуще на вкус кажется вино. Плотное вино также отличает высокая вязкость, что проявляется в формировании характерных следов («ножки») на стенках бокала.

Результаты и их обсуждение

В табл. 1 приведены результаты органолептической оценки исследованных образцов вин.

Таблица 1

Органолептические показатели образцов красного сухого вина

Table 1

Organoleptic characteristics of dry red wine samples

Показатель	Образец 1	Образец 2	Образец 3	Образец 4
Внешний вид, баллы	3,0	4,0	4,5	4,5
Структура, баллы	3,0	4,0	4,3	5,0
Аромат, баллы	2,0	3,8	4,0	4,8
Вкус, баллы	2,5	3,0	4,0	4,8
Итого / Средний балл	10,5 / 2,6	14,8 / 3,7	16,8 / 4,2	19,1 / 4,8

Описательная характеристика исследованных вин приведена ниже.

1. Внешний вид: красный цвет с гранатовым отливом, фиолетовые тона. Структура (гельность): жидкое, отсутствие тельности. Аромат: черная смородина, чернослив, в аромате присутствует тон диоксида серы. Вкус: повышенная кислотность.

2. Внешний вид: цвет рубиновый, слабая цветовая насыщенность. Структура (гельность): плотное тело. Аромат: тон фиалки и паслена, быстро улетучивается. Вкус: высокая кислотность, послевкусие кислотное и танинное.

3. Внешний вид: цвет переходит в бордовый с синевой. Структура (гельность): полное. Аромат: нота миндаля, черная смородина, плохо развивается в бокале. Вкус: танинный, среднее послевкусие.

4. Внешний вид: ярко-красного цвета с фиолетовыми оттенками. Структура (гельность): густое и тельное. Аромат: цветочная нота (фиалка), нота копчения, фруктовый аромат, сложная структура аромата. Вкус: с нотами табака, чая, земли, шоколада, ягод, послевкусие танинное.

В ходе испытаний была составлена панель дескрипторов для сухого красного вина «Каберне Совиньон» на основе дескрипторно-профильного метода дегустационного анализа, представленная в табл. 2. На основании панели дескрипторов были составлены сравнительные вкусоароматические портреты исследованных образцов вин, приведенные на рисунке.

На основании дескрипторно-профильного метода дегустационного анализа было выявлено, что органолептические характеристики у четырех исследованных образцов вин различные. Вино сухое красное «Каберне Качинское» (образец 3) и вино полусухое красное «Sunrise Каберне Совиньон» (образец 4) превосходят образцы красных вин «Легенда Крыма» (образец 1) и «Каберне Тамани» (образец 2) по интенсивности аромата, насыщенности вкуса, цвету и телу вина. Самым гармоничным и ярким, наиболее предпочтительным является красное полусухое вино «Sunrise Каберне Совиньон» (образец 4), так как только это вино имеет все сортовые идентификационные признаки, его цвет соответствует заявленному возрасту, в вине присутствуют тона выдержки, он имеет полный, яркий, хотя и излишне спиртуозный вкус, и очень гармоничный насыщенный аромат.

Физико-химические показатели для исследованных образцов вин приведены в табл. 3. Была обнаружена заметная положительная корреляция Спирмена ($r = 0,68$) между АОА и органолептической оценкой, а также весьма высокая положительная корреляция Пирсона ($r = 0,99$) между АОА и содержанием сухих веществ. Эти данные указывают на возможность использования АОА в качестве маркера идентификации вин.

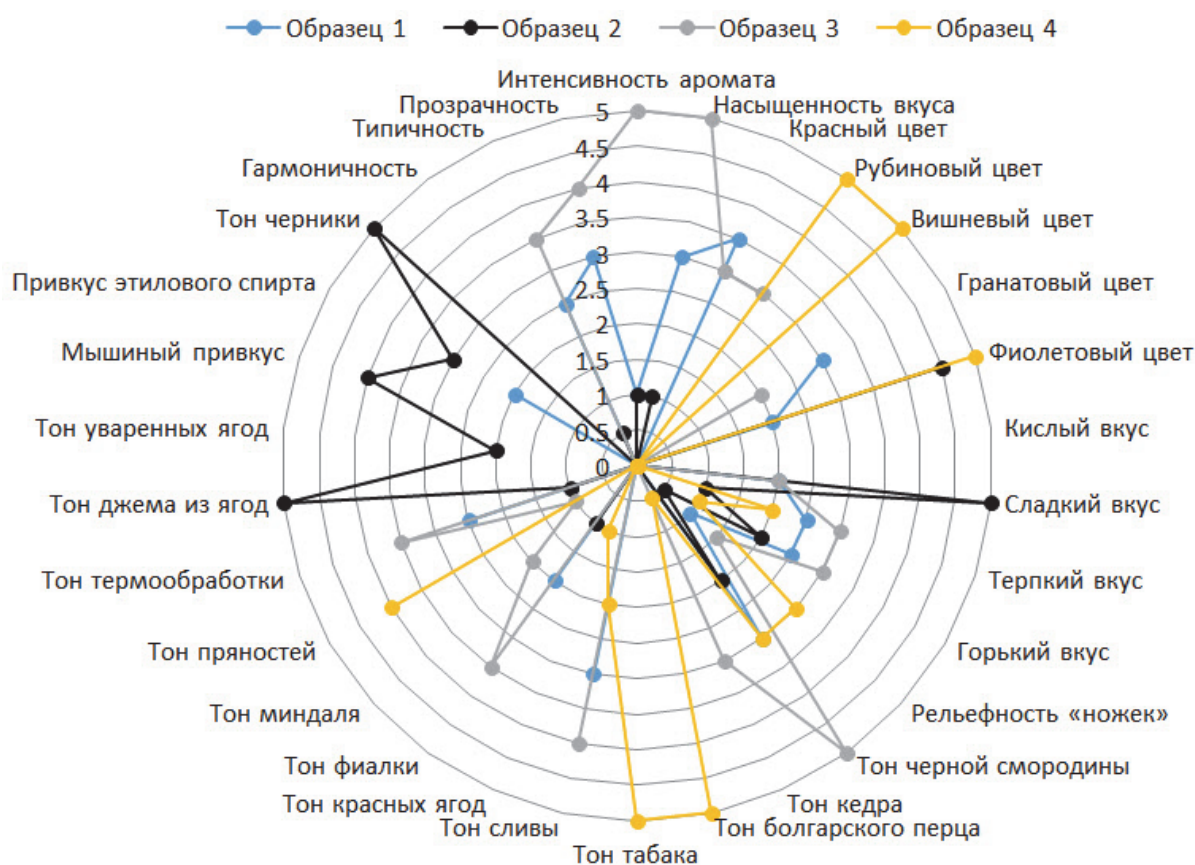
Таблица 2

**Панель дескрипторов для красного сухого вина «Каберне Совиньон»
различных терруаров**

Table 2

Descriptor panel for red dry wine «Cabernet Sauvignon» of various terroirs

Дескриптор	Интенсивность выраженности дескриптора по 5-балльной шкале			
	Образец 1	Образец 2	Образец 3	Образец 4
Интенсивность аромата	1	1	5	5
Насыщенность вкуса	3	1	5	5
Красный цвет	3,5	-	3	-
Рубиновый цвет	-	-	3	-
Вишневый цвет				5
Гранатовый цвет	3	-	2	-
Кирпичный цвет	-	-	-	-
Фиолетовый цвет	2	4,5	-	2
Кислый вкус	3	2	-	-
Сладкий вкус	2	5	2	3
Терпкий вкус	2,5	1	3	3
Горький вкус	2,5	2	3	0,5
Рельефность «ножек»	1	0,5	1,5	5
Тон черной смородины	3	2	5	5
Тон кедра	-	-	3	3
Тон болгарского перца	-	-	-	2
Тон табака	-	-	-	1
Тон вишни	-	-	-	-
Тон сливы	3	-	4	-
Тон красных ягод	-	-	-	4
Тон фиалки	2	1	3,5	-
Тон миндаля	-	-	2	-
Тон пряностей	-	-	1	-
Тон выдержки	-	-	-	2
Тон термообработки	2,5	1	3,5	-
Тон джема из ягод	-	5	-	-
Тон уваренных ягод	-	2	-	-
Мышиный привкус	-	4	-	-
Привкус этилового спирта	2	3	-	-
Тон черники	-	5	-	-
Смолистый тон	-	-	-	-
Гармоничность	-	-	-	4
Типичность	2,5	0,5	3,5	5
Прозрачность	3	0	4	0



Вкусоароматические портреты образцов красного сухого вина
Flavor portraits of dry red wine samples

Таблица 3

Физико-химические показатели образцов красного сухого вина

Table 3

Physico-chemical parameters of dry red wine samples

Образец	Титруемая кислотность, г/дм ³	Содержание сухих веществ, %	Объемная доля этилового спирта, %	АОА, ммоль-экв/дм ³
1	4,9	12,1	12,0	13,1
2	5,5	11,1	11,0	10,0
3	3,7	12,6	12,1	15,1
4	3,9	13,6	13,6	18,0

Заключение

Маркёр – это носитель признака, выразитель положительной характеристики, позволяющий противопоставить члены двух рядов однородных единиц. Он может быть использован при диагностике и/или идентификации. В этом исследовании в качестве маркёров идентификации красного сухого вина из сорта винограда каберне-совиньон рассмотрены три показателя: цвет вина, терруарный тон и АОА. С целью исключения спорных моментов при идентификации вина по цвету мы предлагаем использовать немецкий цветовой стандарт RAL Classic [16]. Разработанные маркёры в дальнейшем можно будет применять для идентификации вин, изготовленных из сорта винограда каберне-совиньон на территории Крымского полуострова.

Список источников

1. Положишникова М.А., Перелыгин О.Н., Семикин В.В. Применение хроматографических методов для оценки качества и идентификации виноградных вин // Пищевая промышленность. 2006. №1. С. 18–21.
2. Phenol-Explorer. Database on polyphenol content in foods [Электронный ресурс]. URL: <http://phenol-explorer.eu/contents/food/135>.
3. Аникина Н.С., Червяк С.Н., Гниломедова Н.В. Энергетическая ценность вин: сравнительная характеристика // Индустрия питания|Food Industry. 2020. Т. 5, № 4. С. 5–10.
4. Gutiérrez-Escobar R., Aliaño-González M.J., Cantos-Villar E. Wine polyphenol content and its influence on wine quality and properties: A review // Molecules. 2021. Vol. 26, No. 3. P. 718.
5. Forman H.J., Zhang H. Targeting oxidative stress in disease: promise and limitations of antioxidant therapy // Nature Reviews Drug Discovery. 2021. Vol. 20. P. 689–709.
6. Вяткин А. В., Чугунова О. В. Напитки антиоксидантной направленности как метод борьбы с окислительным стрессом // Изв. вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2016. Т. 6, № 4(19). С. 119–126.
7. Тарасов А.В., Чугунова О.В., Стожко Н.Ю. Потенциометрическая сенсорная система на основе модифицированных толстопленочных электродов для определения антиоксидантной активности напитков // Индустрия питания|Food Industry. 2020. Т. 5, № 3. С. 85–96.
8. ГОСТ 32051–2013. Продукция винодельческая. Методы органолептического анализа. М.: Стандартинформ, 2013. 16 с.
9. ГОСТ ISO 3972–2014. Органолептический анализ. Метод исследования вкусовой чувствительности. М.: Стандартинформ, 2015. 11 с.
10. ГОСТ ISO 5496–2014. Органолептический анализ. Методология. обучение испытателей обнаружению и распознаванию запахов. М.: Стандартинформ, 2015. 20 с.
11. ГОСТ ISO 13299–2015. Органолептический анализ. Методология. Общее руководство по составлению органолептического профиля. М.: Стандартинформ, 2016. 28 с.
12. ГОСТ 32114–2013. Продукция алкогольная и сырье для ее производства. Методы определения массовой концентрации титруемых кислот. М.: Стандартинформ, 2013. 9 с.
13. ГОСТ ISO 2173–2013. Продукты переработки фруктов и овощей. Рефрактометрический метод определения растворимых сухих веществ. М.: Стандартинформ, 2014. 12 с.
14. ГОСТ 32095–2013. Продукция алкогольная и сырье для ее производства. Метод определения объемной доли этилового спирта. М.: Стандартинформ, 2014. 9 с.
15. Заворохина Н.В. Разработка и применение методологии моделирования безалкогольных напитков с учетом сенсорных предпочтений потребителей: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. Кемерово, 2014. 34 с.
16. RAL Farben [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ral-farben.de/ral-classic>.

References

1. Polozhishnikova M.A., Perelygin O.N., Semikin V.V. Application of chromatographic methods to assess the quality and identification of grape wines // Food industry [Pishchevaya promyshlennost']. 2006. No. 1. P. 18–21.
2. Phenol-Explorer. Database on polyphenol content in foods [Electronic resource]. URL: <http://phenol-explorer.eu/contents/food/135>.
3. Anikina N.S., Chervyak S.N., Gnilomedova N.V. Energy value of wines: comparative characteristics // Food Industry [Industriya pitaniya]. 2020. Vol. 5, № 4. P. 5–10.
4. Gutiérrez-Escobar R., Aliaño-González M.J., Cantos-Villar E. Wine polyphenol content and its influence on wine quality and properties: A review // Molecules. 2021. Vol. 26, No. 3. P. 718.

5. Forman H.J., Zhang H. Targeting oxidative stress in disease: promise and limitations of antioxidant therapy // *Nature Reviews Drug Discovery*. 2021. Vol. 20. P. 689–709.
6. Vyatkin, A.V., Chugunova O.V., Antioxidant drinks as a method of combating oxidative stress // *Izvestiya vuzov. Applied chemistry and biotechnology*. 2016. Vol. 6, No. 4(19). P. 119–126.
7. Tarasov A.V., Chugunova O.V., Stozhko N.Yu. Potentiometric sensor system based on modified thick-film electrodes for determining the antioxidant activity of beverages // *Food Industry [Industriya pitaniya]*. 2020. Vol. 5, No. 3. P. 85–96.
8. GOST 32051–2013. Wine products. Methods of organoleptic analysis. Moscow: Standartinform, 2013. 16 p.
9. GOST ISO 3972–2014. Sensory analysis. Methodology. Method of investigating sensitivity of taste. Moscow: Standartinform, 2015. 11 p.
10. GOST ISO 5496–2014. Sensory analysis. Methodology. Initiation and training of assessors in the detection and recognition of odours. Moscow: Standartinform, 2015. 20 p.
11. GOST ISO 13299–2015. Organoleptic analysis. Methodology. General guidance for establishing an organoleptic profile. Moscow: Standartinform, 2016. 28 p.
12. GOST 32114–2013. The alcohol production and raw material for it producing. Methods for determination of titrating acids. Moscow: Standartinform, 2013. 9 p.
13. GOST ISO 2173–2013. Fruit and vegetable products. Refractometric method for determination of soluble solids content. Moscow: Standartinform, 2014. 12 p.
14. GOST 32095–2013. The alcohol production and raw material for its producing. Method of ethyl alcohol determination. Moscow: Standartinform, 2014. 9 p.
15. Zavorokhina N. V. Development and application of the methodology for modeling non-alcoholic beverages, taking into account the sensory preferences of consumers: author. dis. ... Dr. tech. Sciences. Kemerovo, 2014. 34 p.
16. RAL Farben [Electronic resource]. URL: <https://www.ral-farben.de/ral-classic>.

Информация об авторах

А.В. Тарасов – и.о. директора Научно-инновационного центра сенсорных технологий, SPIN-код: 2615-4939, AuthorID: 881294, Scopus AuthorID: 57195264272;

Н.В. Заворохина – доктор технических наук, профессор, SPIN-код: 5442-4264, AuthorID: 525546, Scopus AuthorID: 57190430444.

Information about the authors

A.V. Tarasov – Acting Director of the Scientific and Innovation Center for Sensor Technologies, SPIN-code: 2615-4939, AuthorID: 881294, Scopus AuthorID: 57195264272;

N.V. Zavorokhina – Doctor of Engineering Science, Professor, SPIN-code: 5442-4264, AuthorID: 525546, Scopus AuthorID: 57190430444.

Статья поступила в редакцию 09.09.2022; одобрена после рецензирования 16.09.2022; принята к публикации 10.10.2022.

The article was submitted 09.09.2022; approved after reviewing 16.09.2022; accepted for publication 10.10.2022.

ПИЩЕВЫЕ СИСТЕМЫ

Обзорная статья

УДК 664:004

Применение технологии блокчейн в целях обеспечения прослеживаемости пищевой продукции: текущее состояние и перспективы

Егор Геннадьевич Тимчук

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, Владивосток, Россия, timchuk.eg@dgtru.ru, <http://orcid.org/0000-0003-2473-2081>

Аннотация. Технология блокчейн – это технология распределенного реестра, ожидается, что она столкнется с некоторыми трудностями и проблемами в различных отраслях из-за ее прозрачности, децентрализации, защиты от несанкционированного доступа и безопасности шифрования. В последние годы в связи с экономическим развитием прослеживаемости пищевых продуктов уделяется все большее внимание. Основываясь на систематическом критическом анализе литературы, причинах проблем обеспечения прослеживаемости пищевых продуктов и анализе современной технологии блокчейн, включая анализ опыта обеспечения прослеживаемости продукции в РФ и за рубежом, достоинства и недостатки, в этом обзоре было сформулировано текущее состояние применения технологии блокчейн в пищевой промышленности и предложены перспективы ее применения. Наконец, были проанализированы проблемы самой технологии блокчейн и трудности ее применения с целью обеспечения прослеживаемости пищевых продуктов.

Результаты исследования показали, что блокчейн является многообещающей технологией для обеспечения прослеживаемости пищевых продуктов.

Ключевые слова: технология блокчейн, пищевая промышленность, обеспечение прослеживаемости, текущее состояние, перспективы

Для цитирования: Тимчук Е.Г. Применение технологии блокчейн в целях обеспечения прослеживаемости пищевой продукции: текущее состояние и перспективы // Научные труды Дальрыбвтуза. 2022. Т. 61, № 3. С. 13–20.

FOOD SYSTEMS

Review article

Application of blockchain technology in order to ensure the traceability of food products: current state and prospects

Egor G. Timchuk

Far Eastern State Technical Fisheries University, Vladivostok, Russia, timchuk.eg@dgtru.ru, <http://orcid.org/0000-0003-2473-2081>

Abstract. Blockchain technology is a distributed ledger technology, and it is expected to face some difficulties and challenges in various industries due to its transparency, decentralization,

protection against unauthorized access and encryption security. In recent years, due to economic development, the traceability of food products has been given increasing attention. Based on a systematic critical analysis of the literature, the causes of the problems of ensuring food traceability and the analysis of modern blockchain technology, including the analysis of the experience of ensuring product traceability in Russia and abroad, advantages and disadvantages, this review formulated the current state of the application of blockchain technology in the food industry and proposed prospects for its application. Finally, the problems of the blockchain technology itself and the difficulties of its application in order to ensure the traceability of food products were analyzed.

The results of the study showed that blockchain is a promising technology for ensuring food traceability.

Keywords: blockchain technology, food industry, traceability, current state, prospects

For citation: Timchuk E.G. Application of blockchain technology in order to ensure the traceability of food products: current state and prospects. *Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University*. 2022;61(3): 13–20. (in Russ.).

Введение

Глобализация цепочек поставок продовольствия и рынков пищевой продукции привела к значительному увеличению объемов перемещения продукции и информации между странами. Традиционно глобальные цепочки поставок характеризуются сильной вертикальной интеграцией и координацией между партнерами по цепочке поставок для повышения эффективности, например, за счет снижения операционных и маркетинговых затрат и удовлетворения потребностей потребителей в качестве и безопасности пищевых продуктов. Таким образом, партнеры по обмену оказались под усиливающимся давлением с целью повышения прозрачности их цепочек поставок, расширения обмена достоверной информацией и улучшения возможностей отслеживания и прослеживаемости пищевой продукции от мест выращивания, разведения или лова до розничных продавцов.

Потребность в эффективной прослеживаемости усилилась, поскольку нормативные акты требуют, чтобы каждый ингредиент пищевого продукта можно было отследить до его источника [1]. Потребительский спрос привел к круглогодичной доступности многих сельскохозяйственных продуктов и усилил давление на бизнес, требуя предоставить подробную информацию о специфичных для продукта характеристиках, таких, как качество, безопасность, подлинность, прослеживаемость, происхождение, условия производства и поставок. Повышенный спрос на информацию является движущим фактором внедрения новых технологий. Например, технология радиочастотной идентификации (RFID) была внедрена для улучшения видимости и отслеживания объектов, сокращения пищевых отходов, повышения эксплуатационной эффективности, автоматизации сбора данных, предотвращения ошибок при комплектации и отправке заказов и контроле условий и процессов цепочек поставок [2].

Платформы облачных вычислений используются для хранения информации, относящейся к продуктам питания, и эта информация становится доступной розничным торговцам и потребителям через веб-сайты или сканирование штрих-кодов с помощью мобильного устройства [3].

Традиционная система надзора за продуктами питания страдает от фрагментации данных, отсутствия прозрачности, вызванной расхождениями и несоответствиями в данных, в том числе вследствие их преднамеренной фальсификации [4].

Чтобы решить эти проблемы, ученые и практики организации глобальных цепочек поставок предполагают применение технологии блокчейн в пищевой промышленности, чтобы революционизировать способ проектирования, разработки, организации и управления по-

ставками. Согласно Wang et al. [5] блокчейн потенциально может повлиять на будущую практику и политику организации цепочек поставок, обеспечивая расширенную видимость и прослеживаемость товара.

Таким образом, технология блокчейн направлена на решение проблемы обеспечения доверия и прозрачности в информационном обеспечении человеческой деятельности.

Вопросами практического применения технологии блокчейн занимались такие ученые, как P.C. Bartolomeu, Kuo, V. Ortega, M. Pilkington, M. Swan, Wang, A.C. Бугаев, С.Ю. Кудряшов. Их работы создают методические и теоретические основы в области практического применения технологии блокчейн, однако практические рекомендации по обеспечению качества и безопасности пищевой продукции на основе применения технологии блокчейн недостаточно выражены.

Цель работы: рекомендации по обеспечению качества и безопасности пищевой продукции на основе применения технологии блокчейн.

Для достижения поставленной цели решали следующие задачи:

- анализ организации прослеживаемости товаров в РФ и за рубежом;
- анализ преимуществ технологии блокчейн для пищевой промышленности;
- анализ существующих недостатков технологии блокчейн и перспектив ее развития;
- разработка рекомендаций по применению технологии блокчейн для обеспечения прослеживаемости пищевой продукции.

Результаты и их обсуждение

На первом этапе провели анализ организации прослеживаемости товаров в РФ и за рубежом.

В настоящее время в РФ существуют несколько систем прослеживаемости товаров: «Честный ЗНАК», единая государственная автоматизированная информационная система (ЕГАИС) Алкоголь, ЕГАИС-лес, ЕГАИС «Маркировка», ФГИС «Меркурий» и др.

Система «Честный ЗНАК» подразумевает идентификацию каждой единицы товара путем присвоения ему зашифрованного индивидуального цифрового кода. Применение этой системы обязательно к таким категориям товаров, как: молочная продукция, табачная продукция, лекарственные препараты, товары легкой промышленности, обувь, духи, шины и другие категории товаров. Система обладает рядом достоинств: уменьшение количества фальсифицированной продукции и увеличение налоговых поступлений в государственную казну. Но она обладает и недостатками: увеличение расходов производителей как на оборудование и софт, так и на каждую единицу маркировки, что непосредственным образом сказывается на стоимости товаров, необходимость обучения персонала организаций-производителей, жёсткая централизация хранения информации системы, возможность образования технических ошибок и сбоев в работе [6].

Система ЕГАИС предназначена для государственного надзора за такой продукцией, как алкоголь, изделия из древесины и пиломатериалы и продукция из натурального меха. В качестве достоинств системы можно выделить уменьшение количества фальсифицированной продукции и увеличение налоговых поступлений в государственную казну. Из недостатков авторы выделяют такие, как: увеличение расходов производителей на оборудование, необходимость обучения персонала организаций-производителей, жёсткая централизация хранения информации системы, возможность образования технических ошибок и сбоев в работе [7].

Система ФГИС «Меркурий» предназначена для электронной ветеринарной сертификации поднадзорных грузов, отслеживания пути их перемещения по территории Российской Федерации в целях создания единой информационной среды для ветеринарии, повышения биологической и пищевой безопасности. В качестве достоинств системы выделяют следующие: снижение издержек на оформление сопроводительных документов, минимизация распространения инфекционных заболеваний животных через пищевую продукцию животного происхождения, уменьшение бумажного документооборота. В качестве недостат-

ков выделяют высокую стоимость обслуживания и модернизации системы, необходимость обучения персонала организаций-производителей, жёсткую централизацию хранения информации системы, возможность образования технических ошибок и сбоев в работе [4].

Зарубежный опыт организации прослеживаемости товаров (track & trace) базируется на использовании трех моделей: государственной, корпоративной и частно-государственной. Результаты зарубежного опыта организации прослеживаемости товаров с использованием технологии блокчейн в пищевой промышленности представлены в таблице [8].

Зарубежный опыт организации прослеживаемости товаров с использованием технологии блокчейн в пищевой промышленности

Foreign experience in organizing the traceability of goods using technology blockchain in the food industry

Наименование организации, местоположение	Сущность применения технологии блокчейн
1	2
AgriChain, Калаундра, Австралия	Использует технологию блокчейн для размещения платформы для управления цепочками поставок сельскохозяйственной продукции. Программное обеспечение используется для облегчения транзакций и взаимодействия заинтересованных сторон с целью автоматизации и снижения затрат на операции цепочки поставок. С момента своего запуска AgriChain используется фермерами и производителями продуктов питания по всей Австралии и Азии
AgriDigital, Сидней, Австралия	Размещенное на блокчейне программное обеспечение AgriDigital обеспечивает фермерам и потребителям прозрачность операций в цепочке поставок зерна. Основная цифровая платформа Agri позволяет пользователям осуществлять поставки и заказы, а также получать доступ к данным, отчетам и другим документам в режиме реального времени. Другая платформа, Way Path, представляет собой цифровую систему управления зерновыми продуктами, где пользователи могут отслеживать контракты, грузовики для доставки, складские помещения на фермах и многое другое
Greenfence, Манхэттен-Бич, Калифорния	Платформа Green fence использует технологию ledger для аутентификации и отслеживания всех участников процесса цепочки поставок продуктов питания. Программное обеспечение идентифицирует и сертифицирует людей, места, дистрибьюторов, оборудование и все остальное, участвующее в процессе от фермы до стола, чтобы гарантировать соблюдение стандартов качества на каждом этапе. Платформа Greenfence предоставляет каждому фермеру и дистрибьютору биографию и каналы обмена сообщениями, чтобы потребители могли прочитать о них и обратиться с вопросами или проблемами
IBM, Армонк, Нью-Йорк	IBM создала IBM Food Trust, чтобы помочь обеспечить прозрачность и эффективность цепочек поставок продуктов питания. У компании есть десятки продуктов, которые измеряют безопасность и свежесть пищевых продуктов и помогают сократить количество отходов. Сертификаты в режиме реального времени, данные испытаний и данные о температуре гарантируют соблюдение надлежащих протоколов обработки пищевых продуктов. С 2016 г. IBM и Walmart сотрудничают в запуске и поддержке программы отслеживания продуктов питания розничной сети. Бухгалтерская книга IBM с открытым исходным кодом позволяет сотрудникам Walmart отслеживать срок службы своих продуктов, от фермы до стола, для обеспечения безопасности. Первоначальные эксперименты с ledger показали многообещающие преимущества, в первую очередь возможность отслеживать происхождение скоропортящихся продуктов в США, таких, как манго в течение 2,2 с

Окончание таблицы

1	2
Kezzler, Осло, Норвегия	Облачная платформа отслеживания Kezzler позволяет сторонам просматривать информацию о продукте на каждом этапе процесса цепочки поставок и может быть интегрирована в существующие системы учета и баз данных блокчейна. Основная платформа отслеживает не только данные о доставке продукта, но и о взаимодействии с потребителями, ключевые аналитические данные, сведения о UID (уникальном идентификаторе) продукта. Kezzler сотрудничает с различными компаниями, чтобы привнести в свои решения новейшие технологии, среди которых Accenture и Microsoft
Mojix, Лос-Анджелес, Калифорния	Mojix создает программное обеспечение для управления цепочками поставок для повышения автоматизации, сокращения отходов и обеспечения качества продукции в розничной торговле и пищевой промышленности. Используя технологию блокчейн, программное обеспечение компании может надежно отслеживать сертификацию продукта, временные метки и доставку продукта между распределенными реестрами. В настоящее время Mojix сотрудничает с такими продовольственными компаниями, как McDonald's и Wendy's
Ripe.io, Сан-Франциско, Калифорния	Ripe.io использует блокчейн для повышения прозрачности в цепочке поставок продуктов питания. В Ripe.io блокчейн-экосистема имеет множество инструментов для составления карты продовольственного пути, включая отслеживание цепочки поставок, безопасное агрегирование данных, проверку качества отрубей и интеграцию датчиков и интернета вещей. С Ripe.io фермеры используют IoT-устройства на базе блокчейна для автоматизации процессов ведения сельского хозяйства, дистрибьюторы отслеживают продукты питания в режиме реального времени, а потребители получают проверенную информацию о доставке своих продуктов
TagOne, Принстон, Нью-Джерси	Используя блокчейн, искусственный интеллект и облачные вычисления, TagOne стремится создать более ответственную и взаимосвязанную глобальную цепочку поставок продуктов питания и натуральных продуктов. Комбинированные технологии компании способны выявлять искажения данных, обеспечивать четкие контрольные записи и отслеживать глобальные дисбалансы природного предложения. TagOne используется несколькими американскими компаниями для обеспечения прозрачности своих продуктов из меда, трав и CBD-продукции
Transparent Path, Сиэтл, Вашингтон	Платформа Transparent Path отображает путь продуктов питания от фермы к дистрибьютору в режиме реального времени. Программное обеспечение компании для управления цепочками поставок помогает ресторанам и брендам СРГ управлять безопасностью пищевых продуктов, а потребителям – исследовать происхождение продуктов. Платформа компании сочетает в себе печатные сенсорные технологии, сторонних аудиторов и децентрализованные блокчейн-приложения, чтобы дать поставщикам продуктов питания прозрачный взгляд на их цепочку поставок продуктов питания в режиме реального времени

На втором этапе провели анализ преимуществ блокчейн-технологии для пищевой промышленности. Среди них можно выделить следующие [9]:

1. Блокчейн позволяет промышленности управлять вопросами безопасности пищевых продуктов, делая систему надежной в цепочке поставок продуктов питания с улучшенной прозрачностью.

2. Так как технология блокчейн подразумевает децентрализацию хранения данных и ее репликацию, то коллективные данные менее подвержены неточностям, багам, ошибкам и проблемам взлома. Кроме того, легче определить виновника нарушений в блокчейне.

3. Применение технологии блокчейн увеличивает рентабельность продукции, поскольку позволяет уменьшить цепочку перепродажи пищевой продукции. Так как каждый участник экономических отношений будет иметь возможность проследить за всеми этапами перепродажи продукции и уменьшить их количество.

4. Блокчейн способствует развитию пищевой промышленности, снижая транзакционные издержки и уменьшая количество посредников.

5. Уменьшая количество посредников, технология блокчейн минимизирует шансы ценового принуждения контрагентов, что способствует экономической выгоде.

На третьем этапе провели анализ существующих недостатков технологии блокчейн и перспектив ее развития.

В качестве основного недостатка технологии блокчейн можно выделить ее высокую энергозависимость, так как ее распространенный алгоритм консенсуса Proof-of-Work требует много ресурсов из-за сложности его транзакций. Помимо этого, внедрение технологии блокчейн требует больших капиталовложений. Также следует отметить, что при организации системы большого масштаба существенно снижается скорость регистрации транзакций в ней. Существует возможность хакерских атак на систему, она им подвержена так же, как и все сетевые технологии. И в заключение следует сказать, что в настоящее время существует порядка 10 тыс. блокчейн-технологий с открытым или закрытым кодом и сложно из них выделить наиболее предпочтительные технологии для организации системы прослеживаемости пищевой продукции.

На четвертом этапе разработали рекомендации по применению технологии блокчейн для обеспечения прослеживаемости пищевой продукции. Для этого выделили требования к ней:

- система должна исключать возможность внесения несогласованной информации;
- система должна иметь механизмы согласования изменений всеми партнёрами в режиме реального времени;
- система должна исключать возможность изменения данных постфактум;
- система должна обеспечивать независимый доступ к необходимым данным для каждого партнёра. То есть необходимые данные должны храниться у каждого участника экономических отношений;
- система должна использовать алгоритм синхронизации данных между партнёрами в режиме реального времени;
- система должна гарантировать соблюдение прав доступа к информации.

Разработка системы прослеживаемости пищевой продукции, учитывающей такие требования, возможна только путем децентрализации хранения и использования ее базы данных, что возможно только посредством применения блокчейн-технологии.

Заключение

Технология блокчейн обладает такими характеристиками, как децентрализация, отсутствие несанкционированного доступа, безопасность шифрования и т.д. и может решать проблемы обеспечения прослеживаемости пищевой продукции, увеличивая тем самым доверие к ней потребителей.

С продолжающимся развитием блокчейн-технологии будет появляться все больше и больше примеров ее применения, но существует очень ограниченное понимание ее специфических характеристик и функциональных возможностей для обеспечения прослеживаемости пищевых продуктов.

Блокчейн-технология может помочь решить проблемы, связанные с рисками фальсификации пищевых продуктов, но достижение этой цели на практике требует преодоления некоторых серьезных препятствий и проблем. Обеспечение прослеживаемости пищевых продуктов с помощью блокчейн-технологии выглядит многообещающе.

Список источников

1. ГОСТ Р 58636–2019. Система защиты от фальсификаций и контрафакта. Прослеживаемость оборота продукции. Общие требования [Электронный ресурс] URL: https://docs.cntd.ru/document/1200169646?ysclid=1770oqpyzp2907_2423 (дата обращения: 15.08.2022).
2. Kelepouris T., Pramataris K., Doukidis G. RFID-enabled traceability in the food supply chain // *Ind. Manag. Data Syst.* 2007. Vol. 107. P. 183–200.
3. Nychas G.-J.E., Panagou E.Z., Mohareb F. Novel approaches for food safety management and communication // *Curr. Opin. Food Sci.* 2016. Vol. 12. P. 13–20.
4. Хасанова В.Е. Достоинства и недостатки внедрения федеральной государственной информационной системы «Меркурий» // *Молодой ученый.* 2019. № 46(284). С. 28–31. URL: <https://moluch.ru/archive/284/63907/> (дата обращения: 24.08.2022).
5. Wang Y., Hung H.J., Paul B.-D. Understanding Blockchain technology for future supply chains a systematic literature Review and Research Agenda // *Supply Chain Manag. Int. J.* 2018. Vol. 24. P. 62–84.
6. Романова В.В. Система «Честный ЗНАК» // *Закон и общество: история, проблемы, перспективы: материалы XXVI межвуз. междунар. научн.-практ. конф. студентов и аспирантов, посвященной 70-летию Красноярского ГАУ.* Красноярск, 2022. С. 134–137.
7. Кускова Е.С. Использование ЕГАИС как средства контроля за легальным оборотом алкогольной продукции // *Аллея науки.* 2017. Т. 1, № 16. С. 767–770.
8. Sam Daley // *Blockchain for Food: 10 Examples to Know* [Электронный ресурс]. URL: <https://builtin.com/blockchain/food-safety-supply-chain> (дата обращения: 15.08.2022).
9. Hemendra Singh // *7 Benefits of Blockchain Development for Food Industry* [Электронный ресурс]. URL: <https://www.datasciencecentral.com/7-benefits-of-blockchain-development-for-food-industry/> (дата обращения: 15.08.2022).

References

1. GOST R 58636–2019. System of protection against fraud and counterfeit. Traceability of product turnover. General requirements [Electronic resource]. URL: https://docs.cntd.ru/document/1200169646?ysclid=1770oqpyzp2907_2423 (accessed: 15.08.2022).
2. Kelepouris T., Pramataris K., Dukidis G. RFID tracking in the food supply chain // *Ind. Management. Data system.* 2007. 107. P.183–200.
3. Naihas G.-J.E., Panagu E.Z., Moharib F. New approaches to food safety management and communication. *Carr. Opinion. Food science.* 2016. Vol. 12. 13–20.
4. Khasanova V.E. Advantages and disadvantages of the introduction of the federal state information system «Mercury» // *Young scientist.* 2019. № 46(284). P. 28–31. Address: <https://moluch.ru/archive/284/63907/> (accessed: 08/24/2022).
5. Wang Yu., Hung H.J., Paul B.-D. Understanding blockchain Technology for Future Supply Chains: a systematic literature review and research program // *Supply chain management. Int. J.* 2018. Vol. 24. P. 62–84.
6. Romanova V.V. System "Honest sign". Law and society: history, problems, prospects: materials of the XXVI session of the Interuniversity Scientific and Practical International Conference of Students and postgraduates dedicated to the 70th anniversary of the Krasnoyarsk State University. Krasnoyarsk, 2022. P. 134–137.
7. Kuskova E.S. The use of EGAIS as a means of controlling the legal turnover of alcoholic beverages // *Alley of Science.* 2017. Vol. 1, No. 16. P. 767–770.

8. Sam Daly // Blockchain for food: 10 examples you need to know [Electronic resource]. URL: <https://builtin.com/blockchain/food-safety-supply-chain> (accessed: 15.08.2022).

9. Hemendra Singh // 7 advantages of blockchain development for the food industry [Electronic resource]. URL: <https://www.datasciencecentral.com/7-benefits-of-blockchain-development-for-food-industry/> (accessed: 15.08.2022).

Информация об авторе

Е.Г. Тимчук – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры управления техническими системами, SPIN-код: 8836-6556, AuthorID: 987987.

Information about the author

E.G. Timchuk – PhD in Engineering Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Technical Systems Management, SPIN-code: 8836-6556, AuthorID: 987987.

Статья поступила в редакцию 25.08.2022; одобрена после рецензирования 07.10.2022; принята к публикации 10.10.2022.

The article was submitted 25.08.2022; approved after reviewing 07.10.2022; accepted for publication 10.10.2022.

ПИЩЕВЫЕ СИСТЕМЫ

Обзорная статья

УДК 664:004.89

Применение искусственного интеллекта в пищевой промышленности

Егор Геннадьевич Тимчук

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, Владивосток, Россия, timchuk.eg@dgtru.ru, <http://orcid.org/0000-0003-2473-2081>

Аннотация. Искусственный интеллект за последние несколько десятилетий воплотил новейшие технологии в пищевой промышленности в связи с ростом спроса на продукты питания из-за увеличения населения мира. Возможность применения этих интеллектуальных систем в различных областях: определение качества пищевых продуктов, применение в инструментах контроля продукции, как инструмент классификации пищевых продуктов и прогнозирование – усиливает их спрос в пищевой промышленности.

Рассматриваются эти интеллектуальные системы в сравнении их преимуществ и ограничений. Сформулировано руководство для выбора наиболее подходящих методов для улучшения будущих разработок, связанных с искусственным интеллектом в пищевой промышленности. Кроме того, подчеркивается важность интеграции этих систем с другими устройствами, такими, как электронный нос, электронный язык, система компьютерного зрения. Это принесет пользу как участникам отрасли, так и потребителям.

Ключевые слова: искусственный интеллект, пищевая промышленность, инструменты, методы, преимущества, ограничения

Для цитирования: Тимчук Е.Г. Применение искусственного интеллекта в пищевой промышленности // Научные труды Дальрыбвтуза. 2022. Т. 61, № 3. С. 21–42.

FOOD SYSTEMS

Review article

Application of artificial intelligence in the food industry

Egor G. Timchuk

Far Eastern State Technical Fisheries University, Vladivostok, Russia, timchuk.eg@dgtru.ru, <http://orcid.org/0000-0003-2473-2081>

Abstract. Artificial intelligence over the past few decades has embodied the latest technologies in the food industry due to the growing demand for food due to the increase in the world's population. The possibility of using these intelligent systems in various fields, such as food quality determination, application in product control tools, as a food classification tool and for the purpose of forecasting, have increased their demand in the food industry.

Therefore, this article examines these intelligent systems in comparison of their advantages and limitations, and provides guidance for choosing the most appropriate methods to improve future

developments related to artificial intelligence in the food industry. In addition, the importance of integrating these systems with other devices such as electronic nose, electronic tongue, computer vision system, which will benefit both industry participants.

Keywords: artificial intelligence, food industry, tools, methods, advantages, limitations

For citation: Timchuk E.G. Application of artificial intelligence in the food industry. *Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University*. 2022;61(3): 21–42. (in Russ.).

Введение

Искусственный интеллект (ИИ) определяется как область компьютерных наук, которая имитирует человеческие мыслительные процессы, способность к обучению и хранению знаний [1]. ИИ можно разделить на два типа: сильный ИИ и слабый ИИ.

Принцип слабого ИИ заключается в том, чтобы сконструировать машину так, чтобы она действовала как интеллектуальная единица, где она имитирует человеческие суждения, в то время как принцип сильного ИИ утверждает, что машина действительно может представлять человеческий разум [2]. Однако сильного ИИ пока не существует, и исследование этого ИИ все еще продолжается.

В число областей, в которых используются методы искусственного интеллекта, можно отнести игровую индустрию, тяжелую промышленность, перерабатывающую промышленность, пищевую промышленность, медицинскую промышленность, прогнозирование погоды, интеллектуальный анализ данных и применение стволовых клеток [3].

ИИ применяет разнообразные алгоритмы, такие, как: обучение, экспертная система, нечеткая логика, роевой интеллект, тест Тьюринга, когнитивная наука, искусственная нейронная сеть и логическое программирование [3]. Привлекательные характеристики ИИ сделали его наиболее подходящим инструментом для использования его в таких отраслях, как принятие решений и оценка процессов, направленных на общее снижение затрат, повышение качества и увеличение рентабельности [3].

В первую очередь применение ИИ в различных отраслях направлено на решение проблемы увеличения эффективности выполняемой деятельности, что непосредственным образом повлияет на рентабельность предприятий, задействованных в этих отраслях.

Цель работы: рекомендации по применению искусственного интеллекта в пищевой промышленности.

Для достижения поставленной цели решали следующие задачи:

- анализ использования ИИ в разработках экспертных систем;
- анализ применения нечеткой логики в пищевой промышленности;
- анализ применения искусственных нейронных сетей в пищевой промышленности;
- анализ применения машинного обучения в пищевой промышленности;
- анализ применения адаптивной нейро-нечеткой системы вывода в пищевой промышленности;
- анализ применения электронного носа с искусственным интеллектом в пищевой промышленности;
- анализ применения электронного языка с искусственным интеллектом в пищевой промышленности;
- анализ применения машинного зрения с искусственным интеллектом в пищевой промышленности;
- разработка рекомендаций по применению ИИ в пищевой промышленности.

Результаты и их обсуждение

На первом этапе провели использования ИИ в разработках экспертных систем, результаты представлены в табл. 1.

Таблица 1

Использование ИИ в разработках экспертных систем

Table 1

The use of artificial intelligence in the development of expert systems

Объект исследования	Цель	Контролируемая категория	Ссылка на источник
Белое вино	Контроль процесса ферментации	Контроль качества	Sipos [4]
Бананы	Выявление болезней и методов их устранения	Качество сырья	Budiyanto et al. [5]
Вино	Оценка экологичности виноградарства	Контроль качества	Lamastra et al. [6]
Кофе	Контроль и управление технологическим процессом сухого помола	Производство/контроль качества	Hernández-Vera et al. [7]
Кофейные зерна	Контроль качества зерен	Сенсорная оценка	Livio & Hodhod [8]
Кукуруза	Выявление вредителей и болезней	Качество сырья	Sumaryanti et al. [9]
Красное вино и ром	Прогнозирование аромата продукции	Сенсорная оценка/контроль качества	Nicolotti et al. [10]
Пищевые добавки	Определение степени халальности пищевой добавки	Контроль качества	Zakaria et al. [11]
Пищевые продукты	Мониторинг и прогнозирование качества продукции в производственном процессе	Контроль качества	Blagoveshchenskiy et al. [12]
Продукция животноводства	Мониторинг показателей животноводства	Качество сырья	Vásquez et al. [13]
Рисовые посевы	Выявление вредителей и болезней/ Сортировка зерен	Контроль качества	Kharisma et al. [14]
Соя	Выявление болезней	Контроль качества	Rajendra et al. [15]
Ячмень	Сортировка зерен	Контроль качества	Szturo, Szczypinski [16]

Исходя из представленных данных искусственный интеллект можно использовать для построения экспертных систем, осуществляющих контроль качества готовой продукции и поступающего сырья, контроля технологических процессов, в том числе на основе измерения сенсорных характеристик поступающего сырья и готовой продукции.

На втором этапе провели анализ применения нечеткой логики в пищевой промышленности, результаты представлены в табл. 2.

Таблица 2

Применение нечеткой логики в пищевой промышленности

Table 2

Application of fuzzy logic in the food industry

Объект исследования	Цель	Алгоритм/Функция принадлежности	Ссылка на источник
Ананас Расгулла	Ранжирование по качественным параметрам	Такаги-Сугено-Кан/Треугольная	Sarkar et al. [17]
Ароматная продукция	Ранжирование упакованной ароматной продукции	Мамдани/Треугольная	Chowdhury, Das [18]
Белая шелковица	Улучшение процесса сушки	Мамдани/Треугольная	Jahedi Rad et al. [19]
Свекольная карамель	Ранжирование карамели в зависимости от состава	Мамдани/Треугольная	Fatma et al. [20]
Консервы	Управление температурой стерилизации	Мамдани/Треугольная	Chung et al. [21]
Кофе	Контроль и управление технологическим процессом сухого помола	Мамдани/Треугольная	Hernández-Vera et al. [7]
Кофейные зерна	Управление процессом обжарки зерен	Мамдани/Треугольная	Harsawardana et al. [22]
Кексы	Ранжирование в соответствии с качеством	Мамдани/Треугольная	Singh et al. [23]
Лук	Прогнозирование кинетики сушки	Мамдани/Треугольная	Jafari et al. [24]
Пицца	Улучшение производственной системы	Мамдани/Треугольная	Blasi [25]
Пшеничное тесто	Улучшение процесса раскатки	Мамдани/Треугольная	Mahadevappa et al. [26]
Семена льнянки	Ранжирование способов экстракции	Мамдани/Треугольная	Shahidi et al. [27]
Сок манго и личи	Определение влияния высокого давления на качество сока	Мамдани/Треугольная	Kaushik et al. [28]
Соль	Оценка производства	Такаги-Сугено-Кан/Треугольная	Yulianto et al. [29]
Сардины	Оценка качества рыбы по биогенным аминам	Мамдани/Треугольная	Zare & Ghazali [30]
Тесто	Управление процессом выпечки	Мамдани/Треугольная	Yousefi-Darani et al. [31]
Фасоль Фава	Прогнозирование физических параметров бобов с различным содержанием влаги	Мамдани/Треугольная	Farzaneh et al. [32]
Яблочный сок	Сенсорная оценка яблок	Мамдани/Треугольная	Basak [33]

В ходе построения экспертных систем, нейронных сетей и систем искусственного интеллекта исследователям приходится пользоваться приемами теории нечеткой логики, при этом анализ их работ показал, что в большинстве случаев авторы использовали алгоритмы Такаги-Сугено-Кан и Мамдани и треугольную функцию принадлежности. При этом не стоит забывать, что существуют и другие функции принадлежности: трапециевидные, кусочно-линейные, гауссовы, сигмоидные и др. Их выбор существенно влияет на результаты функционирования математического аппарата нечеткой логики и в большинстве случаев строится на основе практического опыта исследователя и интуиции.

На третьем этапе провели анализ применения искусственных нейронных сетей в пищевой промышленности, результаты представлены в табл. 3.

Таблица 3

Применение искусственных нейронных сетей в пищевой промышленности

Table 3

Application of artificial neural networks in the food industry

Объект исследования	Цель	Тип искусственной нейронной сети	Ссылка на источник
1	2	3	4
Баклажан	Описание кинетики массообмена при осмотическом обезвоживании	Многослойный персептрон	Bahmani et al. [34]
Грибы	Предсказание содержания влаги в процессе сушки	Многослойный персептрон	Omari et al. [35]
Грибы	Прогнозирование температурных режимов грибной фермы	Многослойный персептрон/ Сеть радиально-базисных функций	Ardabili et al. [36]
Какао-порошок	Прогнозирование влияния технологических параметров на свойства какао-смесей	Многослойный персептрон	Benković et al. [37]
Картофельные кубики	Анализ качества продукции в процессе сушки в кипящем слое	Многослойный персептрон	Azadbakht et al. [38]
Картофельная кожура	Определение степени полезности кожуры	Многослойный персептрон	Anastácio et al. [39]
Лук	Оценка качества лука в процессе сушки	Многослойный персептрон	Jafari et al. [24]
Мед	Прогнозирование стабильности кристаллизации индийского меда при различных соотношениях компонентов	Многослойный персептрон	Naik et al. [40]
Манго	Оценка веса	Многослойный персептрон	Dang et al. [41]
Оливковое масло первого отжима	Оценка влияния условий воздействия света и упаковочного материала на стабильность физико-химических характеристик оливкового масла первого отжима	Многослойный персептрон	S. F. Silva et al. [42]
Плоды айвы	Оценка влажности продукции при сушке	Многослойный персептрон	Chasiotis et al. [43]
Рис	Урожайность риса	Многослойный персептрон	Gandhi et al. [44]

Окончание табл. 3

1	2	3	4
Растительные масла	Классификация растительных масел	Многослойный перцептрон	Silva et al. [42]
Сушеная морковь	Определение качества сушеной моркови	Многослойный перцептрон	Koszela et al. [45]
Сосиски	Прогнозирование содержания бенз(а)пирена в процессе копчения	Многослойный перцептрон	Chen et al. [46]
Чеснок	Прогнозирование вкусовых качеств чеснока	Многослойный перцептрон	Liu et al. [47]

На четвертом этапе провели анализ применения машинного обучения в пищевой промышленности, результаты представлены в табл. 4.

Таблица 4

Применение машинного обучения в пищевой промышленности

Table 4

Application of machine learning in the food industry

Объект исследования	Метод машинного обучения	Ссылка на источник
Артишок	Многослойный перцептрон, «случайный лес»	Sabater et al. [48]
Вино	Метод опорных векторов, многослойный перцептрон	Shaw et al. [49]
Пиво	Искусственная нейронная сеть	Claudia Gonzalez et al. [50]
Печенье	Сверточная нейронная сеть	De Sousa Silva et al. [51]
Сыр	Долгая краткосрочная память	Li et al. [52]
Лосось	Случайный лесной классификатор	Xu & Sun [53]
Мясо ягненка	Метод опорных векторов	Alaiz-Rodriguez & Parnell [54]
Манго	Наивный байесовский классификатор, метод опорных векторов	Pise & Upadhye [55]
Мясо	Обычный метод наименьших квадратов, контролируемое обучение, метод опорных векторов	Estelles-Lopez et al. [56]
Молоко	Метод опорных векторов	Gutiérrez et al. [57]
Фрукты	Искусственная нейронная сеть, «случайный лес», метод опорных векторов	Astray et al. [58]
Яблоко	Линейный дискриминантный анализ, адаптивное усиление	Li et al. [59]

Построение ИИ невозможно без использования машинного обучения, в рассмотренных работах использовались следующие методы машинного обучения: случайный лес, метод опорных векторов, метод наименьших квадратов, наивный Байесовский классификатор, контролируемое обучение, линейный дискриминантный анализ. Выбор метода следует основывать на следующих критериях: размер, качество и характер данных, доступное вычислительное время, срочность решаемой задачи и поставленных целей.

На пятом этапе провели анализ применения адаптивной нейро-нечеткой системы вывода в пищевой промышленности, результаты представлены в табл. 5.

Таблица 5

Применение адаптивной нейро-нечеткой системы вывода в пищевой промышленности
Table 5
Application of adaptive neuro-fuzzy inference system in the food industry

Объект исследования	Ссылка на источник
Апельсин	Mokarram et al. [60]
Батат	Ojediran et al. [61]
Мороженое	Bahram-Parvar et al. [62]
Овощи	Kaveh et al. [63]
Оливковое масло первого отжима	Arabameri et al. [64]
Плоды айвы	Abbaspour-Gilandeh et al. [65]
Рыбный жир	Asnaashari et al. [66]
Рапсовое масло	Farzaneh et al. [67]

На шестом этапе провели анализ применения электронного носа с искусственным интеллектом в пищевой промышленности, результаты представлены в табл. 6.

Таблица 6

Применение электронного носа с искусственным интеллектом
в пищевой промышленности

Table 6

The use of an electronic nose with artificial intelligence in the food industry

Объект исследования	Цель	ИИ-технология	Ссылка на источник
Говядина	Классификация образцов говядины	Адаптивная нейро-нечеткая система вывода	Kodogiannis & Alshejari [68]
Какао	Классификация времени ферментации какао-бобов	Искусственная нейронная сеть, метод k-ближайших соседей	Tan et al. [69]
Кофейные зерна	Прогнозирование уровня кислотности обжаренных зерен	Искусственная нейронная сеть	Thazin et al. [70]
Куриное мясо	Классификация свежего и мороженого мяса	Нечеткий алгоритм k-ближайших соседей	Mirzaee-Ghaleh et al. [71]
Коровье топленое масло	Выявление фальсификации маргарина в коровьем топленом масле	Искусственная нейронная сеть	Ayari et al. [72]
Лимон	Прогнозирование качества лимона	Метод опорных векторов	Guo et al. [73]
Мед	Классификация меда	Искусственная нейронная сеть	Faal et al. [74]
Мясо свинины	Классификация свежего мяса и дефростированного	Нейронная сеть обратного распространения	Górska-Horczyczak et al. [75]
Рыба	Выявление и классификация порчи рыбы	Искусственная нейронная сеть	Vajdi et al. [76]

На седьмом этапе провели анализ применения электронного языка с искусственным интеллектом в пищевой промышленности, результаты представлены в табл. 7.

Таблица 7

**Применение электронного языка с искусственным интеллектом
в пищевой промышленности**

Table 7

Application of an electronic tongue with artificial intelligence in the food industry

Объект исследования	Цель	ИИ-технология	Ссылка на источник
Арахисовая мука	Оценка вкусовых качеств готовой продукции	Искусственная нейронная сеть	Wang et al. [77]
Ананас	Классификация ананасов по вкусу	Искусственная нейронная сеть	Hasan et al. [78]
Ветчина	Контроль процесса посола	Упрощенная нейронная сеть с нечеткими графическими изображениями	Gil-Sánchez et al. [79]
Ликер	Классификация ликера	Метод опорных векторов	Jingjing et al. [80]
Мед	Классификация меда от количества антиоксидантов	Упрощенная нейронная сеть с нечеткими графическими изображениями	Marisol et al. [81]
Молоко	Выявление фальсификации молока	Метод опорных векторов	Tohidi et al. [82]
Рис	Классификация риса	Искусственная нейронная сеть	Wang et al. [83]
Сахарный тростник	Анализ содержания глюкозы	Искусственная нейронная сеть	De Sá et al. [84]

На восьмом этапе провели анализ применения машинного зрения с искусственным интеллектом в пищевой промышленности, результаты представлены в табл. 8.

Таблица 8

**Применение машинного зрения с искусственным интеллектом
в пищевой промышленности**

Table 8

Application of machine vision with artificial intelligence in the food industry

Объект исследования	Цель	ИИ-технология	Ссылка на источник
1	2	3	4
Бананы	Классификация продукции	Искусственная нейронная сеть	Mazen & Nashat [85]
Болгарский перец	Сортировка продукции	Искусственная нейронная сеть	Villaseñor-Aguilar et al. [86]
Кофейные зерна	Классификация продукции	Искусственная нейронная сеть	De Oliveira et al. [87]
Манго	Оценка массы мякоти	Искусственная нейронная сеть	Utai et al. [88]

Окончание табл. 8

1	2	3	4
Пиво	Прогнозирование качества продукции	Искусственная нейронная сеть	Gonzalez Viejo et al. [89]
Рыба	Определение свежести	Искусственная нейронная сеть	Huang et al. [90]
Сухие бобы	Сортировка продукции	Искусственная нейронная сеть	Koklu & Ozkan [91]
Яблоко	Сортировка продукции	Свёрточная нейронная сеть	Fan et al. [92]
Яйца	Прогнозирование объёма яиц	Искусственная нейронная сеть	Siswanto et al. [93]

Проблемой субъективизма измерения сенсорных характеристик пищевой продукции, таких, как запах, вкус и цвет занимаются долгое время множество ученых. Для решения этой проблемы разрабатываются такие средства измерений сенсорных характеристик, как электронный нос, электронный язык и машинное зрение. Но сами по себе средства измерений бесполезны без центра принятия решений, для этого используется ИИ.

Для целей использования электронного носа в рассмотренных работах применялись такие технологии ИИ, как: адаптивная нейро-нечеткая система вывода, искусственная нейронная сеть, метод k-ближайших соседей, искусственная нейронная сеть, нейронная сеть обратного распространения. Для целей использования электронного языка в рассмотренных работах применялись такие технологии ИИ, как: искусственная нейронная сеть, упрощенная нейронная сеть с нечеткими графическими изображениями, метод опорных векторов. Для целей использования машинного зрения в рассмотренных работах применялись такие технологии ИИ, как: искусственная нейронная сеть и свёрточная нейронная сеть. Нейронная сеть в связке со средствами измерений сенсорных характеристик позволит создать автоматические системы управления различными технологическими процессами, минимизируя влияние человеческого фактора на качество готовой пищевой продукции.

Вариантов построения системы ИИ в пищевой промышленности достаточно много, выбор того или иного варианта происходит на основе следующих критериев: цель разработки, наличие необходимых ресурсов (временных, человеческих и финансовых), размер, характер и качество имеющихся данных. Но особое внимание следует уделить оценке эффективности применения той или иной системы ИИ в конкретной области пищевой промышленности.

Заключение

Искусственный интеллект играет важную роль в пищевой промышленности для различных целей: моделирование, прогнозирование, оптимизация технологических процессов, инструмент управления, инструмент классификации и сортировки, основа сенсорной оценки, инструмент контроля качества, в том числе используя такие датчики, как электронный нос, язык и машинное зрение. Все это позволяет продвинуться в решении сложных проблем пищевой промышленности. Следует позаимствовать все лучшее в зарубежном опыте для развития отечественных разработок в области ИИ в пищевой промышленности.

Список источников

1. Аверкин А.Н., Гаазе-Рапопорт М.Г., Поспелов Д.А. Толковый словарь по искусственному интеллекту. М.: Радио и связь, 1992. 256 с. (дата обращения: 10.07.2022).

2. Hamet P., Tremblay J. (2017) Artificial intelligence in medicine. *Metabolism: Clinical and Experimental* 69, S36–S40. <https://doi.org/10.1016/j.metabol.2017.01.011>.
3. Nidhi Rajesh Mavani et al. (2021) Application of Artificial Intelligence in Food Industry - a Guideline *Food Engineering Reviews* (2022) 14:134–175. <https://doi.org/10.1007/s12393-021-09290-z>.
4. Sipos A (2020) A knowledge-based system as a sustainable software application for the supervision and intelligent control of an alcoholic fermentation process. *Sustainability* 12(23):10205. <https://doi.org/10.3390/su122310205>.
5. Budiyanto G., Ipnuwati S., Al Gifari SA, Huda M., Jalal B., Abdul Latif A., Lia Hananto A. (2018) Web based expert system for diagnosing disease pest on banana plant. *Int J Eng Technol (UAE)* 7(4):4715–4721. <https://doi.org/10.14419/ijet>.
6. Lamastra L., Balderacchi M., Di Guardo A., Monchiero M., Trevisan M. (2016) A novel fuzzy expert system to assess the sustainability of the viticulture at the wine-estate scale. *Sci Total Environ* 572:724–733. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.07.043>.
7. Hernández-Vera B, Aguilar Lasserre AA, Gastón Cedillo-Campos M, Herrera-Franco LE, Ochoa-Robles J (2017a) Expert system based on fuzzy logic to define the production process in the coffee industry. *J Food Process Eng* 40(2). <https://doi.org/10.1111/jfpe.12389>.
8. Livio J., Hodhod R. (2018) AI cupper: a fuzzy expert system for sensorial evaluation of coffee bean attributes to derive quality scoring. *IEEE Trans Fuzzy Syst* 26(6):3418–3427. <https://doi.org/10.1109/TFUZZ.2018.2832611>.
9. Sumaryanti L., Istanto T., Pare S. (2020) Rule based method in expert system for detection pests and diseases of corn. *J Phys Conf Ser* 1569(2). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1569/2/022023>.
10. Nicolotti L., Mall V., Schieberle P. (2019) Characterization of key aroma compounds in a commercial rum and an Australian red wine by means of a new Sensomics-Based Expert System (SEBES) – an approach to use artificial intelligence in determining food odor codes. *J Agric Food Chem* 67(14):4011–4022. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.9b00708>.
11. Zakaria MZ., Nordin N., Malik AMA, Elias SJ., Shahuddin AZ. (2019) Fuzzy expert systems (FES) for halal food additive. *Indones J Electr Eng Comput Sci* 13(3):1073–1078. <https://doi.org/10.11591/ijeecs.vol.13.i.3.p1073-1078>.
12. Blagoveshchenskiy I.G., Blagoveshchenskiy V.G., Besfamilnaya E.M., Sumerin V.A. (2020) Development of databases of intelligent expert systems for automatic control of product quality indicators. *J Phys Conf Ser* 1705(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1705/1/012019>.
13. Vásquez R.P., Aguilar-Lasserre A.A., López-Segura M.V., Rivero L.C., Rodríguez-Duran A.A., Rojas-Luna M.A. (2019) Expert system based on a fuzzy logic model for the analysis of the sustainable livestock production dynamic system. *Comput Electron Agric* 161(January):104–120. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.05.015>.
14. Kharisma Adi K., Isnanto R.R. (2020) Rice crop management expert system with forwarding chaining method and certainty factor. *J Phys Conf Ser* 1524(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1524/1/012037>.
15. Rajendra L., Azani H., Much I., Subroto I., Marwanto A. (2017) Expert system on soybean disease using knowledge representation method. *Telemat Inform* 5(1):36–46. <https://doi.org/10.12928/jti.v5i1>.
16. Szturo K, Szczypinski P.M. (2017) Ontology based expert system for barley grain classification. *Signal Processing – Algorithms, Architectures, Arrangements, and Applications Conference Proceedings, SPA, 2017-Sept*:360–364. <https://doi.org/10.23919/SPA.2017.8166893>.
17. Sarkar T., Bhattacharjee R., Salauddin M., Giri A., Chakraborty R. (2020) Application of fuzzy logic analysis on pineapple Rasgulla. *Procedia Computer Science* 167(2019):779–787. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.03.410>.

18. Chowdhury T., Das M. (2015) Sensory evaluation of aromatic foods packed in developed starch based films using fuzzy logic. *International Journal of Food Studies* 4(1):29–48. <https://doi.org/10.7455/ijfs.v4i1.228>.
19. Jahedi Rad S., Kaveh M., Sharabiani V.R., Taghinezhad E. (2018) Fuzzy logic, artificial neural network and mathematical model for prediction of white mulberry drying kinetics. *Heat Mass Transf* 54(11):3361–3374. <https://doi.org/10.1007/s00231-018-2377-4>.
20. Fatma S., Sharma N., Singh S.P., Jha A., Kumar A. (2016) Fuzzy analysis of sensory data for ranking of beetroot candy. *Int J Food Eng* 2(1):26–30. <https://doi.org/10.18178/ijfe.2.1.26-30>.
21. Chung C.C., Chen H.H., Ting C.H. (2016) Fuzzy logic for accurate control of heating temperature and duration in canned food sterilisation. *Engineering in Agriculture, Environment and Food* 9(2):187–194. <https://doi.org/10.1016/j.eaef.2015.11.003>.
22. Harsawardana Samodro B., Mahesworo B., Suparyanto T., Surya Atmaja D.B., Pardamean B. (2020) Maintaining the quality and aroma of coffee with fuzzy logic coffee roasting machine. *IOP Conf Ser Earth Environ Sci* 426(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/426/1/012148>.
23. Singh V., Kumar S., Singh J., Rai A.K. (2018) Fuzzy logic sensory evaluation of cupcakes developed from the Mahua flower (*Madhuca Longifolia*). *Journal of Emerging Technologies and Innovative Research* 5(1):411–421.
24. Jafari S.M., Ganje M., Dehnad D., Ghanbari V. (2016) Mathematical, fuzzy logic and artificial neural network modeling techniques to predict drying kinetics of onion. *J Food Process Preserv* 40(2):329–339. <https://doi.org/10.1111/jfpp.12610>.
25. Blasi A. (2018) Scheduling food industry system using fuzzy logic. *J Theor Appl Inf Technol* 96(19):6463–6473.
26. Mahadevappa J., Groß F., Delgado A. (2017) Fuzzy logic based process control strategy for effective sheeting of wheat dough in small and medium-sized enterprises. *J Food Eng* 199:93–99. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2016.12.013>.
27. Shahidi B., Sharifi A., Roozbeh Nasiraie L., Niakousari M., Ahmadi M. (2020) Phenolic content and antioxidant activity of flixweed (*Descurainia sophia*) seeds extracts: ranking extraction systems based on fuzzy logic method. *Sustain Chem Pharm* 16(March).
28. Kaushik N., Gondi A.R., Rana R., Srinivasa Rao P. (2015) Application of fuzzy logic technique for sensory evaluation of high pressure processed mango pulp and litchi juice and its comparison to thermal treatment. In *Innov Food Sci Emerg* (Vol. 32). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2015.08.007>.
29. Yulianto T., Komariyah S., Ulfaniyah N. (2017) Application of fuzzy inference system by Sugeno method on estimating of salt production AIP Conf Proc 1867 <https://doi.org/10.1063/1.4994442>.
30. Zare D., Ghazali H.M. (2017) Assessing the quality of sardine based on biogenic amines using a fuzzy logic model. *Food Chem* 221(November):936–943. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.11.071>.
31. Yousefi-Darani A., Paquet-Durand O., Hitzmann B. (2019) Application of fuzzy logic control for the dough proofing process. *Food Bioprod Process* 115:36–46. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2019.02.006>.
32. Farzaneh V., Bakhshabadi H., Gharekhani M., Ganje M., Farzaneh F., Rashidzadeh S., Carvalho S.I. (2017) Application of an adaptive neuro_fuzzy inference system (ANFIS) in the modeling of rapeseeds' oil extraction. *J Food Process Eng* 40(6):1–8. <https://doi.org/10.1111/jfpe.12562>.
33. Basak S. (2018) The use of fuzzy logic to determine the concentration of betel leaf essential oil and its potency as a juice preservative. *Food Chem* 240(August 2017): 1113–1120. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.08.047>.
34. Bahmani A., Jafari S.M., Shahidi S-A., Dehnad D. (2015) Mass transfer kinetics of eggplant during osmotic dehydration by neural networks. *J Food Process Preserv* 1:1–13. <https://doi.org/10.1111/jfpp.12435>.

35. Omari A., Behrooz-Khazaei N., Sharifian F. (2018) Drying kinetic and artificial neural network modeling of mushroom drying process in microwave-hot air dryer. *J Food Process Eng* 41(7):1–10. [https:// doi. org/ 10. 1111/ jfpe. 12849](https://doi.org/10.1111/jfpe.12849).
36. Ardabili S., Mosavi A., Mahmoudi A., Gundoshmian Tarahom Mesri Nosratabadi S., Várkonyi-Kóczy A.R. (2020) Modelling temperature variation of mushroom growing hall using artificial neural networks. In *J Sustain Dev* (101). Springer, Cham. [https:// doi. org/ 10. 1007/ 978-3-030-36841-8-10](https://doi.org/10.1007/978-3-030-36841-8-10).
37. Benković M., Tušek A.J., Belščak-Cvitanović A., Lenart A., Domian E., Komes D., Bauman I. (2015) Artificial neural network modelling of changes in physical and chemical properties of cocoa powder mixtures during agglomeration. *LWT Food Sci Technol* 64(1):140–148. [https:// doi. org/ 10. 1016/ j. lwt. 2015. 05. 028](https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.05.028).
38. Azadbakht M., Aghili H., Ziaratban A., Torshizi M.V. (2017) Application of artificial neural network method to exergy and energy analyses of fluidized bed dryer for potato cubes. *Energy* 120:947–958. [https:// doi. org/ 10. 1016/ j. energy. 2016. 12. 006](https://doi.org/10.1016/j.energy.2016.12.006).
39. Anastácio A., Silva R., Carvalho I.S. (2016) Phenolics extraction from sweet potato peels: modelling and optimization by response surface modelling and artificial neural network. *J Food Sci Technol* 53(12):4117–4125. [https:// doi. org/ 10. 1007/ s13197- 016- 2354-1](https://doi.org/10.1007/s13197-016-2354-1).
40. Naik R.R., Gandhi N.S., Thakur M., Nanda V. (2019) Analysis of crystallization phenomenon in Indian honey using molecular dynamics simulations and artificial neural network. *Food Chem* 300(1):125182. [https:// doi. org/ 10. 1016/ j. foodchem. 2019. 125182](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125182).
41. Dang N.T., Vo M.T., Nguyen T.D., Dao SVT. (2019) Analysis on mangoes weight estimation problem using neural network. *Proceedings – 2019 19th International Symposium on Communications and Information Technologies, ISCIT 2019*, i, 559–562. [https:// doi. org/ 10. 1109/ ISCIT. 2019. 89051 18](https://doi.org/10.1109/ISCIT.2019.8905118).
42. Silva S.F., Anjos CAR., Cavalcanti R.N., Celeghini RMDS. (2015) Evaluation of extra virgin olive oil stability by artificial neural network. *Food Chem* 179:35–43. [https:// doi. org/ 10. 1016/ j. foodchem. 2015. 01. 100](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.01.100).
43. Chasiotis V.K., Tzempelikos D.A., Filios A.E., Moustiris K.P. (2020) Artificial neural network modelling of moisture content evolution for convective drying of cylindrical quince slices. *Comput Electron Agric* 172(June):105074. [https:// doi. org/ 10. 1016/ j. compag. 2019. 105074](https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.105074).
44. Gandhi N., Petkar O., Armstrong L.J. (2016) Rice crop yield prediction using artificial neural networks. *Proceedings – 2016 IEEE International Conference on Technological Innovations in ICT for Agriculture and Rural Development, TIAR 2016*, 105–110. [https:// doi. org/ 10. 1109/ TIAR. 2016. 78012 22](https://doi.org/10.1109/TIAR.2016.7801222).
45. Koszela K., Łukomski M., Mueller W., Górna K., Okoń P., Boniecki P., Zaborowicz M., Wojcieszak D. (2017) Classification of dried vegetables using computer image analysis and artificial neural networks. *Ninth International Conference on Digital Image Processing (ICDIP 2017)*, 10420(Icdip), 1042031. [https:// doi. org/ 10. 1117/ 12. 22817 18](https://doi.org/10.1117/12.2281718).
46. Chen Y., Cai K., Tu Z., Nie W., Ji T., Hu B., Chen C. (2018) Prediction of benzo[a]pyrene content of smoked sausage using back-propagation artificial neural network. *J Sci Food Agr* 98(8):3032–3030. [https:// doi. org/ 10. 1002/ jsfa. 8801](https://doi.org/10.1002/jsfa.8801).
47. Liu J., Liu L., Guo W., Fu M., Yang M., Huang S., Zhang F., Liu Y. (2019) A new methodology for sensory quality assessment of garlic based on metabolomics and an artificial neural network. *RSC Adv* 9(31):17754–17765. [https:// doi. org/ 10. 1039/ c9ra0 1978b](https://doi.org/10.1039/c9ra01978b).
48. Sabater C., Olano A., Corzo N., Montilla A. (2019) GC–MS characterisation of novel artichoke (*Cynara scolymus*) pecticoligosaccharides mixtures by the application of machine learning algorithms and competitive fragmentation modelling. *Carbohydr Polym* 205:513–523. [https:// doi. org/ 10. 1016/ j. carbpol. 2018. 10. 054](https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2018.10.054).
49. Shaw B., Suman A.K., Chakraborty B. (2020) Wine quality analysis using machine learning. In J. K. Mandal & D. Bhattacharya (Eds.), *Emerging Technology in Modelling and Graphics* 239–247. Springer Singapore.

50. Claudia Gonzalez FRV, Sigfredo F., Damir T., Kate H., Dunshea. (2017) Assessment of beer quality based on foamability and chemical composition using computer vision algorithms, near infrared spectroscopy and machine learning algorithms. *J Sci Food Agr* 1–39. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8506>.
51. De Sousa Silva M., Cruz L.F., Bugatti P.H., Saito PTM. (2020) Automatic visual quality assessment of biscuits using machine learning. In L. Rutkowski, M. Scherer Rafałand Korytkowski, W. Pedrycz, R. Tadeusiewicz, & J. M. Zurada (Eds.), *J Artif Intell Soft* (pp. 59–70). Springer International Publishing.
52. Li B., Lin Y., Yu W., Wilson D.I., Young B.R. (2020) Application of mechanistic modeling and machine learning for cream cheese fermentation pH prediction. *J Chem Technol Biotechnol*. <https://doi.org/10.1002/jctb.6517>.
53. Xu J.L., Sun D.W. (2017) Identification of freezer burn on frozen salmon surface using hyperspectral imaging and computer vision combined with machine learning algorithm d'apprentissage automatique. *Int J Refrig* 74:149–162. <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2016.10.014>.
54. Alaiz-Rodriguez R., Parnell A.C. (2020) A machine learning approach for lamb meat quality assessment using FTIR spectra. *IEEE Access* 8:52385–52394. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2974623>.
55. Pise D., Upadhye G.D. (2018) Grading of harvested mangoes quality and maturity based on machine learning techniques. 2018 Int Conf Smart City Emerg Technol ICSCET 2018 1–6. <https://doi.org/10.1109/ICSCET.2018.8537342>.
56. Estelles-Lopez L., Ropodi A, Pavlidis D., Fotopoulou J., Gkousari C., Peyrodie A., Panagou E., Nychas G.J., Mohareb F. (2017) An automated ranking platform for machine learning regression models for meat spoilage prediction using multi-spectral imaging and metabolic profiling. *Food Res Int* 99:206–215. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.05.013>.
57. Gutiérrez P., Godoy S.E., Torres S., Oyarzún P., Sanhueza I., Díaz-García V., Contreras-Trigo B., Coelho P. (2020) Improved antibiotic detection in raw milk using machine learning tools over the absorption spectra of a problem-specific nanobiosensor. *Sensors (Switzerland)* 20(16):1–13. <https://doi.org/10.3390/s20164552>.
58. Astray G., Albuquerque B.R., Prieto M.A., Simal-Gandara J., Ferreira ICFR, Barros L. (2020) Stability assessment of extracts obtained from *Arbutus unedo* L. fruits in powder and solution systems using machine-learning methodologies. *Food Chem* 333(January) 127460. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127460>.
59. Li M., Ekramirad N., Rady A., Adedeji A. (2018) Application of acoustic emission and machine learning to detect codling moth infested apples. *ASABE* 61(3):1157–1164. <https://doi.org/10.13031/trans.125481157>.
60. Mokarram M., Amin H., Khosravi M.R. (2019) Using adaptive neuro-fuzzy inference system and multiple linear regression to estimate orange taste. *Food Sci Nutr* 7(10):3176–3184. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1149>.
61. Ojediran J.O., Okonkwo C.E., Adeyi A.J., Adeyi O., Olaniran A.F., George N.E., Olayanju A.T. (2020) Drying characteristics of yam slices (*Dioscorea rotundata*) in a convective hot air dryer: application of ANFIS in the prediction of drying kinetics. *Heliyon* 6(3):e03555. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03555>.
62. Bahram-Parvar M., Salehi F., Razavi SMA. (2017) Adaptive neuro-fuzzy inference system (ANFIS) simulation for predicting overall acceptability of ice cream. *EAEF* 10(2):79–86. <https://doi.org/10.1016/j.eaef.2016.11.001>.
63. Kaveh M., Rasooli Sharabiani V., Amiri Chayjan R., Taghinezhad E., Abbaspour-Gilandeh Y., Golpour I. (2018) ANFIS and ANNs model for prediction of moisture diffusivity and specific energy consumption potato, garlic and cantaloupe drying under convective hot air dryer. *Information Processing in Agriculture* 5(3):372–387. <https://doi.org/10.1016/j.inpa.2018.05.003>.

64. Arabameri M., Nazari R.R., Abdolshahi A., Abdollahzadeh M., Mirzamohammadi S., Shariatifar N., Barba F.J., Mousavi Khaneghah A. (2019) Oxidative stability of virgin olive oil: evaluation and prediction with an adaptive neuro-fuzzy inference system (ANFIS). *J Sci Food Agric* 99(12):5358–5367. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9777>.
65. Abbaspour-Gilandeh Y., Jahanbakhshi A., Kaveh M. (2020) Prediction kinetic, energy and exergy of quince under hot air dryer using ANNs and ANFIS. *Food Sci Nutr* 8(1):594–611. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1347>.
66. Asnaashari M., Farhoosh R., Farahmandfar R. (2016) Prediction of oxidation parameters of purified Kilka fish oil including gallic acid and methyl gallate by adaptive neuro-fuzzy inference system (ANFIS) and artificial neural network. *J Sci Food Agric* 96(13):4594–4602. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7677>.
67. Farzaneh V., Bakhshabadi H., Gharekhani M., Ganje M., Farzaneh F., Rashidzadeh S., Carvalho S.I. (2017) Application of an adaptive neuro_fuzzy inference system (ANFIS) in the modeling of rapeseeds' oil extraction. *J Food Process Eng* 40(6):1–8. <https://doi.org/10.1111/jfpe.12562>.
68. Kodogiannis V.S., Alshejari A. (2016) Neuro-fuzzy based identification of meat spoilage using an electronic nose. 2016 IEEE 8th International Conference on Intelligent Systems, IS 2016 - Proceedings, 96–103. <https://doi.org/10.1109/IS.2016.7737406>.
69. Tan J, Balasubramanian B., Sukha D., Ramkissoon S., Umaharan P. (2019) Sensing fermentation degree of cocoa (*Theobroma cacao* L.) beans by machine learning classification models based electronic nose system. *J Food Process Eng* 42(6):1–8. <https://doi.org/10.1111/jfpe.13175>.
70. Thazin Y., Pobkrut T., Kerdcharoen T. (2018) Prediction of acidity levels of fresh roasted coffees using E-nose and artificial neural network. 2018 10th International Conference on Knowledge and Smart Technology: Cybernetics in the Next Decades, KST 2018, 210–215. <https://doi.org/10.1109/KST.2018.8426206>.
71. Mirzaee-Ghaleh E., Taheri-Garavand A., Ayari F., Lozano J. (2020) Identification of fresh-chilled and frozen-thawed chicken meat and estimation of their shelf life using an E-nose machine coupled fuzzy KNN. *Food Anal Methods* 13(3):678–689. <https://doi.org/10.1007/s12161-019-01682-6>.
72. Ayari F., Mirzaee- Ghaleh E., Rabbani H., Heidarbeigi K. (2018) Using an E-nose machine for detection the adulteration of margarine in cow ghee. *J Food Process Eng* 41(6). <https://doi.org/10.1111/jfpe.12806>.
73. Guo T., Yin T., Ma Z., Wang Z., Sun X., Yuan W. (2018) Characterization of different processes lemon slice using electronic tongue. *IFAC-PapersOnLine* 51(17):683–688. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.08.117>.
74. Faal S., Loghavi M., Kamgar S. (2019) Physicochemical properties of Iranian ziziphus honey and emerging approach for predicting them using electronic nose. *Meas.: J Int Meas Confed* 148, 106936. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2019.106936>.
75. Górska-Horczyzak E., Horczyzak M., Guzek D., Wojtasik-Kalinowska I., Wierzbicka A. (2016) Chromatographic fingerprints supported by artificial neural network for differentiation of fresh and frozen pork. *Food Control* 73:237–244. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.08.010>.
76. Vajdi M., Varidi M.J., Varidi M., Mohebbi M. (2019) Using electronic nose to recognize fish spoilage with an optimum classifier. *Journal of Food Measurement and Characterization* 13(2):1205–1217. <https://doi.org/10.1007/s11694-019-00036-4>.
77. Wang L., Niu Q., Hui Y., Jin H. (2015) Discrimination of rice with different pretreatment methods by using a voltammetric electronic tongue. *Sensors* 15(7):17767–17785. <https://doi.org/10.3390/s150717767>.
78. Hasan M.A., Sarno R., Sabilla S.I. (2020) Optimizing machine learning parameters for classifying the sweetness of pineapple aroma using electronic nose. *Int J Intell Syst* 13(5):122–132. <https://doi.org/10.22266/ijies.2020.1031.12>.

79. Gil-Sánchez L., Garrigues J., Garcia-Breijo E., Grau R., Aliño M., Baigts D., Barat J.M. (2015) Artificial neural networks (Fuzzy ARTMAP) analysis of the data obtained with an electronic tongue applied to a ham-curing process with different salt formulations. *Applied Soft Computing Journal* 30:421–429. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2014.12.037>.
80. Jingjing H.L., Mingxu Z., Low Sze Shin Xu Ning, Chen Zhiqing LV, Chuang Cui Ying, Shi Yan and Men. (2020) Fuzzy evaluation output of taste information for liquor using electronic tongue based on cloud model. *Sensors* 20(3):1–20. <https://doi.org/10.3390/s20030686>.
81. Marisol IJ-B., Luiz G-S., Ana P-M., Escriche. (2017) Antioxidant activity and physico-chemical parameters for the differentiation of honey using a potentiometric electronic tongue. *J Sci Food Agr* 97(7):2215–2222. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8031>.
82. Tohidi M., Ghasemi-Varnamkhasi M., Ghafarinia V., Bonyadian M., Mohtasebi S.S. (2018) Development of a metal oxide semiconductorbased artificial nose as a fast, reliable and non-expensive analytical technique for aroma profiling of milk adulteration. *Int Dairy J* 77:38–46. <https://doi.org/10.1016/j.idair.yj.2017.09.003>.
83. Wang L., Niu Q., Hui Y., Jin H. (2015) Discrimination of rice with different pretreatment methods by using a voltammetric electronic tongue. *Sensors* 15(7):17767–17785. <https://doi.org/10.3390/s150717767>.
84. De Sá A.C., Cipri A., González-Calabuig A., Stradiotto N.R., Del Valle M. (2016) Resolution of galactose, glucose, xylose and mannose in sugarcane bagasse employing a voltammetric electronic tongue formed by metals oxy-hydroxide/MWCNT modified electrodes. *Sens Actuators, B Chem* 222:645–653. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2015.08.088>
85. Mazen FMA, Nashat A.A. (2019) Ripeness classification of bananas using an artificial neural network. *Arab J Sci Eng* 44(8):6901–6910. <https://doi.org/10.1007/s13369-018-03695-5>.
86. Villaseñor-Aguilar M.J., Bravo-Sánchez M.G., Padilla-Medina J.A., Vázquez-Vera J.L., Guevara-González R.G., García-Rodríguez F.J., Barranco-Gutiérrez A.I. (2020) A maturity estimation of bell pepper (*Capsicum annuum* L.) by artificial vision system for quality control. *Appl Sci (Switzerland)* 10(15):1–18. <https://doi.org/10.3390/app10155097>.
87. De Oliveira E.M., Leme D.S., Barbosa BHG., Rodarte M.P., Alvarenga Pereira RGF. (2016) A computer vision system for coffee beans classification based on computational intelligence techniques. *J Food Eng* 171:22–27. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2015.10.009>.
88. Utai K., Nagle M., Hämmerle S., Spreer W., Mahayothee B., Müller J. (2019) Mass estimation of mango fruits (*Mangifera indica* L., cv. ‘Nam Dokmai’) by linking image processing and artificial neural network. *Eng Agric Environ Food* 12(1):103–110. <https://doi.org/10.1016/j.eaef.2018.10.003>.
89. Gonzalez Viejo C., Torrico D.D., Dunshea F.R., Fuentes S. (2019) Development of artificial neural network models to assess beer acceptability based on sensory properties using a robotic pourer: a comparative model approach to achieve an artificial intelligence system. *Beverages* 5(2):33. <https://doi.org/10.3390/beverages5020033>.
90. Huang X., Xu H., Wu L., Dai H., Yao L., Han F. (2016) A data fusion detection method for fish freshness based on computer vision and near-infrared spectroscopy. *Anal Methods* 8(14):2929–2935. <https://doi.org/10.1039/c5ay03005f>.
91. Koklu M., Ozkan I.A. (2020) Multiclass classification of dry beans using computer vision and machine learning techniques. *Comput Electron Agric* 174(June 2019):105507. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105507>.
92. Fan S., Li J., Zhang Y., Tian X., Wang Q., He X., Zhang C., Huang W. (2020) On line detection of defective apples using computer vision system combined with deep learning methods. *J Food Eng* 286:110102. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2020.110102>.
93. Siswanto J., Hilman M.Y., Widiarsi M. (2017) Computer vision system for egg volume prediction using backpropagation neural network. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 273:2–7. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/273/1/012002>

References

1. Averkin A.N., Haase-Rapoport M.G., Pospelov D.A. Explanatory dictionary of artificial intelligence. M.:Radio and Communications, 1992. 256 p. (date of application: 10.07.2022).
2. Hamet P., Tremblay J. (2017) Artificial intelligence in medicine. *Metabolism: Clinical and Experimental* 69, S36–S40. <https://doi.org/10.1016/j.metabol.2017.01.011>.
3. Nidhi Rajesh Mavani et al. (2021) Application of Artificial Intelligence in Food Industry - a Guideline *Food Engineering Reviews* (2022) 14:134–175. <https://doi.org/10.1007/s12393-021-09290-z>.
4. Sipos A. (2020) A knowledge-based system as a sustainable software application for the supervision and intelligent control of an alcoholic fermentation process. *Sustainability* 12(23):10205. <https://doi.org/10.3390/su122310205>.
5. Budiyo G., Ipinuwati S., Al Gifari S.A., Huda M., Jalal B., Abdul Latif A., Lia Hananto A. (2018) Web based expert system for diagnosing disease pest on banana plant. *Int J Eng Technol (UAE)* 7(4):4715–4721. <https://doi.org/10.14419/ijet.2018.070408>.
6. Lamastra L., Balderacchi M., Di Guardo A., Monchiero M., Trevisan M. (2016) A novel fuzzy expert system to assess the sustainability of the viticulture at the wine-estate scale. *Sci Total Environ* 572:724–733. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.07.043>.
7. Hernández-Vera B., Aguilar Lasserre A.A., Gastón Cedillo-Campos M., Herrera-Franco L.E., Ochoa-Robles J. (2017a) Expert system based on fuzzy logic to define the production process in the coffee industry. *J Food Process Eng* 40(2). <https://doi.org/10.1111/jfpe.12389>.
8. Livio J., Hodhod R. (2018) AI cupper: a fuzzy expert system for sensorial evaluation of coffee bean attributes to derive quality scoring. *IEEE Trans Fuzzy Syst* 26(6):3418–3427. <https://doi.org/10.1109/TFUZZ.2018.2832611>.
9. Sumaryanti L., Istanto T., Pare S. (2020) Rule based method in expert system for detection pests and diseases of corn. *J Phys Conf Ser* 1569(2). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1569/2/022023>.
10. Nicolotti L., Mall V., Schieberle P. (2019) Characterization of key aroma compounds in a commercial rum and an Australian red wine by means of a new Sensomics-Based Expert System (SEBES) - an approach to use artificial intelligence in determining food odor codes. *J Agric Food Chem* 67(14):4011–4022. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.9b00708>.
11. Zakaria M.Z., Nordin N., Malik AMA., Elias SJ, Shahuddin AZ (2019) Fuzzy expert systems (FES) for halal food additive. *Indones J Electr Eng Comput Sci* 13(3):1073–1078. <https://doi.org/10.11591/ijeecs.v13.i3.p.1073-1078>.
12. Blagoveshchenskiy I.G., Blagoveshchenskiy V.G., Besfamilnaya E.M., Sumerin V.A. (2020) Development of databases of intelligent expert systems for automatic control of product quality indicators. *J Phys Conf Ser* 1705(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1705/1/012019>.
13. Vásquez R.P., Aguilar-Lasserre A.A., López-Segura M.V., Rivero L.C., Rodríguez-Duran A.A., Rojas-Luna M.A. (2019) Expert system based on a fuzzy logic model for the analysis of the sustainable livestock production dynamic system. *Comput Electron Agric* 161(January):104–120. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.05.015>.
14. Kharisma Adi K., Isnanto R.R. (2020) Rice crop management expert system with forward-chaining method and certainty factor. *J Phys Conf Ser* 1524(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1524/1/012037>.
15. Rajendra L., Azani H., Much I., Subroto I., Marwanto A. (2017) Expert system on soybean disease using knowledge representation method. *Telemat Inform* 5(1):36–46. <https://doi.org/10.12928/jti.v5i1>.
16. Szturo K., Szczypinski P.M. (2017) Ontology based expert system for barley grain classification. *Signal Processing – Algorithms, Architectures, Arrangements, and Applications Conference Proceedings, SPA, 2017-Sept*:360–364. <https://doi.org/10.23919/SPA.2017.8166893>.

17. Sarkar T., Bhattacharjee R., Salauddin M., Giri A., Chakraborty R. (2020) Application of fuzzy logic analysis on pineapple Rasgulla. *Procedia Computer Science* 167(2019):779–787. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.03.410>.
18. Chowdhury T., Das M. (2015) Sensory evaluation of aromatic foods packed in developed starch based films using fuzzy logic. *International Journal of Food Studies* 4(1):29–48. <https://doi.org/10.7455/ijfs.v4i1.228>.
19. Jahedi Rad S., Kaveh M., Sharabiani V.R., Taghinezhad E. (2018) Fuzzy logic, artificial neural network and mathematical model for prediction of white mulberry drying kinetics. *Heat Mass Transf* 54(11):3361–3374. <https://doi.org/10.1007/s00231-018-2377-4>.
20. Fatma S., Sharma N., Singh S.P., Jha A., Kumar A. (2016) Fuzzy analysis of sensory data for ranking of beetroot candy. *Int J Food Eng* 2(1):26–30. <https://doi.org/10.18178/ijfe.2.1.26-30>.
21. Chung C.C., Chen H.H., Ting C.H. (2016) Fuzzy logic for accurate control of heating temperature and duration in canned food sterilisation. *Engineering in Agriculture, Environment and Food* 9(2):187–194. <https://doi.org/10.1016/j.eaef.2015.11.003>.
22. Harsawardana Samodro B., Mahesworo B., Suparyanto T., Surya Atmaja D.B., Pardamean B. (2020) Maintaining the quality and aroma of coffee with fuzzy logic coffee roasting machine. *IOP Conf Ser Earth Environ Sci* 426(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/426/1/012148>.
23. Singh V., Kumar S., Singh J., Rai A.K. (2018) Fuzzy logic sensory evaluation of cupcakes developed from the Mahua flower (*Madhuca Longifolia*). *Journal of Emerging Technologies and Innovative Research* 5(1):411–421.
24. Jafari S.M., Ganje M., Dehnad D., Ghanbari V. (2016) Mathematical, fuzzy logic and artificial neural network modeling techniques to predict drying kinetics of onion. *J Food Process Preserv* 40(2):329–339. <https://doi.org/10.1111/jfpp.12610>.
25. Blasi A. (2018) Scheduling food industry system using fuzzy logic. *J Theor Appl Inf Technol* 96(19):6463–6473.
26. Mahadevappa J., Groß F., Delgado A. (2017) Fuzzy logic based process control strategy for effective sheeting of wheat dough in small and medium-sized enterprises. *J Food Eng* 199:93–99. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2016.12.013>.
27. Shahidi B., Sharifi A., Roozbeh Nasiraie L., Niakousari M., Ahmadi M. (2020) Phenolic content and antioxidant activity of flaxseed (*Descurainia sophia*) seeds extracts: ranking extraction systems based on fuzzy logic method. *Sustain Chem Pharm* 16(March).
28. Kaushik N., Gondi A.R., Rana R., Srinivasa Rao P. (2015) Application of fuzzy logic technique for sensory evaluation of high pressure processed mango pulp and litchi juice and its comparison to thermal treatment. In *Innov Food Sci Emerg* (Vol. 32). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2015.08.007>.
29. Yulianto T., Komariyah S., Ulfaniyah N. (2017) Application of fuzzy inference system by Sugeno method on estimating of salt production AIP Conf Proc 1867 <https://doi.org/10.1063/1.4994442>.
30. Zare D., Ghazali H.M. (2017) Assessing the quality of sardine based on biogenic amines using a fuzzy logic model. *Food Chem* 221(November):936–943. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.11.071>.
31. Yousefi-Darani A., Paquet-Durand O., Hitzmann B. (2019) Application of fuzzy logic control for the dough proofing process. *Food Bioprod Process* 115:36–46. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2019.02.006>.
32. Farzaneh V., Bakhshabadi H., Gharekhani M., Ganje M., Farzaneh F., Rashidzadeh S., Carvalho S.I. (2017) Application of an adaptive neuro_fuzzy inference system (ANFIS) in the modeling of rapeseeds' oil extraction. *J Food Process Eng* 40(6):1–8. <https://doi.org/10.1111/jfpe.12562>.
33. Basak S. (2018) The use of fuzzy logic to determine the concentration of betel leaf essential oil and its potency as a juice preservative. *Food Chem* 240(August 2017): 1113–1120. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.08.047>.

34. Bahmani A., Jafari S.M., Shahidi S-A., Dehnad D. (2015) Mass transfer kinetics of eggplant during osmotic dehydration by neural networks. *J Food Process Preserv* 1:1–13. [https:// doi. org/ 10.1111/ jfpp. 12435](https://doi.org/10.1111/jfpp.12435).
35. Omari A., Behrooz-Khazaei N., Sharifian F. (2018) Drying kinetic and artificial neural network modeling of mushroom drying process in microwave-hot air dryer. *J Food Process Eng* 41(7):1–10. [https:// doi. org/ 10. 1111/ jfpe. 12849](https://doi.org/10.1111/jfpe.12849).
36. Ardabili S., Mosavi A., Mahmoudi A., Gundoshmian Tarahom Mesri Nosratabadi S., Várkonyi-Kóczy A.R. (2020) Modelling temperature variation of mushroom growing hall using artificial neural networks. In *J Sustain Dev* (101). Springer, Cham. [https:// doi. org/ 10. 1007/ 978-3- 030- 36841-8-10](https://doi.org/10.1007/978-3-030-36841-8-10).
37. Benković M., Tušek A.J., Belščak-Cvitanović A., Lenart A., Domian E., Komes D., Bauman I. (2015) Artificial neural network modelling of changes in physical and chemical properties of cocoa powder mixtures during agglomeration. *LWT Food Sci Technol* 64(1):140–148. [https:// doi. org/ 10. 1016/ j. lwt. 2015. 05. 028](https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.05.028).
38. Azadbakht M., Aghili H., Ziaratban A., Torshizi M.V. (2017) Application of artificial neural network method to exergy and energy analyses of fluidized bed dryer for potato cubes. *Energy* 120:947–958. [https:// doi. org/ 10. 1016/ j. energy. 2016. 12. 006](https://doi.org/10.1016/j.energy.2016.12.006).
39. Anastácio A., Silva R., Carvalho I.S. (2016) Phenolics extraction from sweet potato peels: modelling and optimization by response surface modelling and artificial neural network. *J Food Sci Technol* 53(12):4117–4125. [https:// doi. org/ 10. 1007/ s13197- 016- 2354-1](https://doi.org/10.1007/s13197-016-2354-1).
40. Naik R.R., Gandhi N.S., Thakur M., Nanda V. (2019) Analysis of crystallization phenomenon in Indian honey using molecular dynamics simulations and artificial neural network. *Food Chem* 300(1):125182. [https:// doi. org/ 10. 1016/ j. foodc hem. 2019. 125182](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125182).
41. Dang N.T., Vo M.T., Nguyen T.D., Dao SVT. (2019) Analysis on mangoes weight estimation problem using neural network. *Proceedings – 2019 19th International Symposium on Communications and Information Technologies, ISCIT 2019*, i, 559–562. [https:// doi. org/ 10. 1109/ ISCIT. 2019. 89051 18](https://doi.org/10.1109/ISCIT.2019.8905118).
42. Silva S.F., Anjos CAR., Cavalcanti R.N., Celeghini RMDS. (2015) Evaluation of extra virgin olive oil stability by artificial neural network. *Food Chem* 179:35–43. [https:// doi. org/ 10. 1016/ j. foodc hem. 2015. 01. 100](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.01.100).
43. Chasiotis V.K., Tzempelikos D.A., Filios A.E., Moustiris K.P. (2020) Artificial neural network modelling of moisture content evolution for convective drying of cylindrical quince slices. *Comput Electron Agric* 172(June):105074. [https:// doi. org/ 10. 1016/ j. compag. 2019. 105074](https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.105074).
44. Gandhi N., Petkar O., Armstrong L.J. (2016) Rice crop yield prediction using artificial neural networks. *Proceedings – 2016 IEEE International Conference on Technological Innovations in ICT for Agriculture and Rural Development, TIAR 2016*, 105–110. [https:// doi. org/ 10. 1109/ TIAR. 2016. 78012 22](https://doi.org/10.1109/TIAR.2016.7801222).
45. Koszela K., Łukomski M., Mueller W., Górna K., Okoń P., Boniecki P., Zaborowicz M., Wojcieszak D. (2017) Classification of dried vegetables using computer image analysis and artificial neural networks. *Ninth International Conference on Digital Image Processing (ICDIP 2017)*, 10420(Icdip), 1042031. [https:// doi. org/ 10. 1117/ 12. 22817 18](https://doi.org/10.1117/12.2281718).
46. Chen Y., Cai K., Tu Z., Nie W., Ji T., Hu B., Chen C. (2018) Prediction of benzo[a]pyrene content of smoked sausage using back-propagation artificial neural network. *J Sci Food Agr* 98(8):3032–3030. [https:// doi. org/ 10. 1002/ jsfa. 8801](https://doi.org/10.1002/jsfa.8801).
47. Liu J., Liu L., Guo W., Fu M., Yang M., Huang S., Zhang F., Liu Y. (2019) A new methodology for sensory quality assessment of garlic based on metabolomics and an artificial neural network. *RSC Adv* 9(31):17754–17765. [https:// doi. org/ 10. 1039/ c9ra0 1978b](https://doi.org/10.1039/c9ra01978b).
48. Sabater C., Olano A., Corzo N., Montilla A. (2019) GC–MS characterisation of novel artichoke (*Cynara scolymus*) pecticoligosaccharides mixtures by the application of machine learning

algorithms and competitive fragmentation modelling. *Carbohydr Polym* 205:513–523. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2018.10.054>.

49. Shaw B., Suman A.K., Chakraborty B. (2020) Wine quality analysis using machine learning. In J. K. Mandal & D. Bhattacharya (Eds.), *Emerging Technology in Modelling and Graphics* 239–247. Springer Singapore.

50. Claudia Gonzalez FRV., Sigfredo F., Damir T., Kate H., Dunshea. (2017) Assessment of beer quality based on foamability and chemical composition using computer vision algorithms, near infrared spectroscopy and machine learning algorithms. *J Sci Food Agr* 1–39. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8506>.

51. De Sousa Silva M., Cruz L.F., Bugatti P.H., Saito PTM. (2020) Automatic visual quality assessment of biscuits using machine learning. In L. Rutkowski, M. Scherer Rafałand Korytkowski, W. Pedrycz, R. Tadeusiewicz, & J. M. Zurada (Eds.), *J Artif Intell Soft* (pp. 59–70). Springer International Publishing.

52. Li B., Lin Y., Yu W., Wilson D.I., Young B.R. (2020) Application of mechanistic modelling and machine learning for cream cheese fermentation pH prediction. *J Chem Technol Biotechnol*. <https://doi.org/10.1002/jctb.6517>.

53. Xu J.L., Sun D.W. (2017) Identification of freezer burn on frozen salmon surface using hyperspectral imaging and computer vision combined with machine learning algorithm d'apprentissage automatique. *Int J Refrig* 74:149–162. <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2016.10.014>.

54. Alaiz-Rodriguez R., Parnell A.C. (2020) A machine learning approach for lamb meat quality assessment using FTIR spectra. *IEEE Access* 8:52385–52394. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2974623>.

55. Pise D., Upadhye G.D. (2018) Grading of harvested mangoes quality and maturity based on machine learning techniques. 2018 Int Conf Smart City Emerg Technol ICSCET 2018 1–6. <https://doi.org/10.1109/ICSCET.2018.8537342>.

56. Estelles-Lopez L., Ropodi A., Pavlidis D., Fotopoulou J., Gkousari C., Peyrodie A., Panagou E., Nychas G.J., Mohareb F. (2017) An automated ranking platform for machine learning regression models for meat spoilage prediction using multi-spectral imaging and metabolic profiling. *Food Res Int* 99:206–215. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.05.013>.

57. Gutiérrez P., Godoy S.E., Torres S., Oyarzún P., Sanhueza I., Díaz-García V., Contreras-Trigo B., Coelho P. (2020) Improved antibiotic detection in raw milk using machine learning tools over the absorption spectra of a problem-specific nanobiosensor. *Sensors (Switzerland)* 20(16):1–13. <https://doi.org/10.3390/s20164552>.

58. Astray G., Albuquerque B.R., Prieto M.A., Simal-Gandara J., Ferreira ICFR., Barros L. (2020) Stability assessment of extracts obtained from *Arbutus unedo* L. fruits in powder and solution systems using machine-learning methodologies. *Food Chem* 333(January) 127460. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127460>.

59. Li M., Ekramirad N., Rady A., Adedeji A. (2018) Application of acoustic emission and machine learning to detect codling moth infested apples. *ASABE* 61(3):1157–1164. <https://doi.org/10.13031/trans.125481157>.

60. Mokarram M., Amin H., Khosravi M.R. (2019) Using adaptive neuro-fuzzy inference system and multiple linear regression to estimate orange taste. *Food Sci Nutr* 7(10):3176–3184. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1149>.

61. Ojediran J.O., Okonkwo C.E., Adeyi A.J., Adeyi O., Olaniran A.F., George N.E., Olayanju A.T. (2020) Drying characteristics of yam slices (*Dioscorea rotundata*) in a convective hot air dryer: application of ANFIS in the prediction of drying kinetics. *Heliyon* 6(3):e03555. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03555>.

62. Bahram-Parvar M., Salehi F., Razavi SMA. (2017) Adaptive neuro-fuzzy inference system (ANFIS) simulation for predicting overall acceptability of ice cream. *EAEF* 10(2):79–86. <https://doi.org/10.1016/j.eaef.2016.11.001>.

63. Kaveh M., Rasooli Sharabiani V., Amiri Chayjan R., Taghinezhad E, Abbaspour-Gilandeh Y., Golpour I. (2018) ANFIS and ANNs model for prediction of moisture diffusivity and specific energy consumption potato, garlic and cantaloupe drying under convective hot air dryer. *Information Processing in Agriculture* 5(3):372–387. <https://doi.org/10.1016/j.inpa.2018.05.003>.
64. Arabameri M., Nazari R.R., Abdolshahi A., Abdollahzadeh M., Mirzamohammadi S., Shariatifar N., Barba F.J., Mousavi Khaneghah A. (2019) Oxidative stability of virgin olive oil: evaluation and prediction with an adaptive neuro-fuzzy inference system (ANFIS). *J Sci Food Agric* 99(12):5358–5367. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9777>.
65. Abbaspour-Gilandeh Y., Jahanbakhshi A., Kaveh M. (2020) Prediction kinetic, energy and exergy of quince under hot air dryer using ANNs and ANFIS. *Food Sci Nutr* 8(1):594–611. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1347>.
66. Asnaashari M., Farhoosh R., Farahmandfar R. (2016) Prediction of oxidation parameters of purified Kilka fish oil including gallic acid and methyl gallate by adaptive neuro-fuzzy inference system (ANFIS) and artificial neural network. *J Sci Food Agric* 96(13):4594–4602. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7677>.
67. Farzaneh V., Bakhshabadi H., Gharekhani M., Ganje M., Farzaneh F., Rashidzadeh S., Carvalho S.I. (2017) Application of an adaptive neuro_fuzzy inference system (ANFIS) in the modeling of rapeseeds' oil extraction. *J Food Process Eng* 40(6):1–8. <https://doi.org/10.1111/jfpe.12562>.
68. Kodogiannis V.S., Alshejari A. (2016) Neuro-fuzzy based identification of meat spoilage using an electronic nose. 2016 IEEE 8th International Conference on Intelligent Systems, IS 2016 - Proceedings, 96–103. <https://doi.org/10.1109/IS.2016.7737406>.
69. Tan J., Balasubramanian B., Sukha D., Ramkissoon S., Umaharan P. (2019) Sensing fermentation degree of cocoa (*Theobroma cacao* L.) beans by machine learning classification models based electronic nose system. *J Food Process Eng* 42(6):1–8. <https://doi.org/10.1111/jfpe.13175>.
70. Thazin Y., Pobkrut T., Kerdcharoen T. (2018) Prediction of acidity levels of fresh roasted coffees using E-nose and artificial neural network. 2018 10th International Conference on Knowledge and Smart Technology: Cybernetics in the Next Decades, KST 2018, 210–215. <https://doi.org/10.1109/KST.2018.8426206>.
71. Mirzaee-Ghaleh E., Taheri-Garavand A., Ayari F., Lozano J. (2020) Identification of fresh-chilled and frozen-thawed chicken meat and estimation of their shelf life using an E-nose machine coupled fuzzy KNN. *Food Anal Methods* 13(3):678–689. <https://doi.org/10.1007/s12161-019-01682-6>.
72. Ayari F., Mirzaee- Ghaleh E., Rabbani H., Heidarbeigi K. (2018) Using an E-nose machine for detection the adulteration of margarine in cow ghee. *J Food Process Eng* 41(6). <https://doi.org/10.1111/jfpe.12806>.
73. Guo T., Yin T., Ma Z., Wang Z., Sun X., Yuan W. (2018) Characterization of different processes lemon slice using electronic tongue. *IFAC-PapersOnLine* 51(17):683–688. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.08.117>.
74. Faal S., Loghavi M., Kamgar S. (2019) Physicochemical properties of Iranian ziziphus honey and emerging approach for predicting them using electronic nose. *Meas.: J Int Meas Confed* 148, 106936. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2019.106936>.
75. Górska-Horczyk E., Horczyk M., Guzek D., Wojtasik-Kalinowska I., Wierzbicka A. (2016) Chromatographic fingerprints supported by artificial neural network for differentiation of fresh and frozen pork. *Food Control* 73:237–244. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.08.010>.
76. Vajdi M., Varidi M.J., Varidi M., Mohebbi M. (2019) Using electronic nose to recognize fish spoilage with an optimum classifier. *Journal of Food Measurement and Characterization* 13(2):1205–1217. <https://doi.org/10.1007/s11694-019-00036-4>.

77. Wang L., Niu Q., Hui Y., Jin H. (2015) Discrimination of rice with different pretreatment methods by using a voltammetric electronic tongue. *Sensors* 15(7):17767–17785. <https://doi.org/10.3390/s150717767>.
78. Hasan M.A., Sarno R., Sabilla S.I. (2020) Optimizing machine learning parameters for classifying the sweetness of pineapple aroma using electronic nose. *Int J Intell Syst* 13(5):122–132. <https://doi.org/10.22266/ijies2020.1031.12>.
79. Gil-Sánchez L., Garrigues J., Garcia-Breijo E., Grau R., Aliño M., Baigts D., Barat J.M. (2015) Artificial neural networks (Fuzzy ARTMAP) analysis of the data obtained with an electronic tongue applied to a ham-curing process with different salt formulations. *Applied Soft Computing Journal* 30:421–429. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2014.12.037>.
80. Jingjing H.L., Mingxu Z., Low Sze Shin Xu Ning, Chen Zhiqing LV, Chuang Cui Ying, Shi Yan and Men. (2020) Fuzzy evaluation output of taste information for liquor using electronic tongue based on cloud model. *Sensors* 20(3):1–20. <https://doi.org/10.3390/s20030686>.
81. Marisol IJ-B., Luiz G-S., Ana P-M., Escriche. (2017) Antioxidant activity and physico-chemical parameters for the differentiation of honey using a potentiometric electronic tongue. *J Sci Food Agr* 97(7):2215–2222. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8031>.
82. Tohidi M., Ghasemi-Varnamkhasi M., Ghafarinia V., Bonyadian M., Mohtasebi S.S. (2018) Development of a metal oxide semiconductorbased artificial nose as a fast, reliable and non-expensive analytical technique for aroma profiling of milk adulteration. *Int Dairy J* 77:38–46. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2017.09.003>.
83. Wang L., Niu Q., Hui Y., Jin H. (2015) Discrimination of rice with different pretreatment methods by using a voltammetric electronic tongue. *Sensors* 15(7):17767–17785. <https://doi.org/10.3390/s150717767>.
84. De Sá A.C., Cipri A., González-Calabuig A., Stradiotto N.R., Del Valle M. (2016) Resolution of galactose, glucose, xylose and mannose in sugarcane bagasse employing a voltammetric electronic tongue formed by metals oxy-hydroxide/MWCNT modified electrodes. *Sens Actuators, B Chem* 222:645–653. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2015.08.088>.
85. Mazen FMA., Nashat A.A. (2019) Ripeness classification of bananas using an artificial neural network. *Arab J Sci Eng* 44(8):6901–6910. <https://doi.org/10.1007/s13369-018-03695-5>.
86. Villaseñor-Aguilar M.J., Bravo-Sánchez M.G., Padilla-Medina J.A., Vázquez-Vera J.L., Guevara-González R.G., García-Rodríguez F.J., Barranco-Gutiérrez A.I. (2020) A maturity estimation of bell pepper (*Capsicum annuum* L.) by artificial vision system for quality control. *Appl Sci (Switzerland)* 10(15):1–18. <https://doi.org/10.3390/app10155097>.
87. De Oliveira E.M., Leme D.S., Barbosa BHG., Rodarte M.P., Alvarenga Pereira RGF. (2016) A computer vision system for coffee beans classification based on computational intelligence techniques. *J Food Eng* 171:22–27. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2015.10.009>.
88. Utai K., Nagle M., Hämmerle S., Spreer W., Mahayothee B., Müller J. (2019) Mass estimation of mango fruits (*Mangifera indica* L., cv. ‘Nam Dokmai’) by linking image processing and artificial neural network. *Eng Agric Environ Food* 12(1):103–110. <https://doi.org/10.1016/j.eaef.2018.10.003>.
89. Gonzalez Viejo C., Torrico D.D., Dunshea F.R., Fuentes S. (2019) Development of artificial neural network models to assess beer acceptability based on sensory properties using a robotic pourer: a comparative model approach to achieve an artificial intelligence system. *Beverages* 5(2):33. <https://doi.org/10.3390/beverages5020033>.
90. Huang X., Xu H., Wu L., Dai H., Yao L., Han F. (2016) A data fusion detection method for fish freshness based on computer vision and near-infrared spectroscopy. *Anal Methods* 8(14):2929–2935. <https://doi.org/10.1039/c5ay03005f>.
91. Koklu M., Ozkan I.A. (2020) Multiclass classification of dry beans using computer vision and machine learning techniques. *Comput Electron Agric* 174(June 2019):105507. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105507>.

92. Fan S., Li J., Zhang Y., Tian X., Wang Q., He X., Zhang C., Huang W. (2020) On line detection of defective apples using computer vision system combined with deep learning methods. J Food Eng 286:110102. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2020.110102>.

93. Siswanto J., Hilman M.Y., Widiarsi M. (2017) Computer vision system for egg volume prediction using backpropagation neural network. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 273:2–7. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/273/1/012002>.

Информация об авторе

Е.Г. Тимчук – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры управления техническими системами, SPIN-код: 8836-6556, AuthorID: 987987.

Information about the author

E.G. Timchuk – PhD in Engineering Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Technical Systems Management, SPIN-code: 8836-6556, AuthorID: 987987.

Статья поступила в редакцию 16.08.2022; одобрена после рецензирования 10.10.2022; принята к публикации 12.10.2022.

The article was submitted 16.08.2022; approved after reviewing 10.10.2022; accepted for publication 12.10.2022.

ПИЩЕВЫЕ СИСТЕМЫ

Научная статья

УДК 66-963

Управление процессами нанесения защитных покрытий при изготовлении жестяной тары на производственной базе ООО «Большекаменская ЖБФ «Доброфлот»

Татьяна Ивановна Ткаченко¹, Вера Ивановна Максимова², Вячеслав Геннадьевич Юдин³

^{1,2}Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, Владивосток, Россия

³ГК «Доброфлот», Артём, Россия

¹tkachenko.ti@dgtru.ru

²maksimova.vi@dgtru.ru

³vg.yudin@fishdv.ru

Аннотация. Рассматриваются проблемы, возникающие при нанесении защитных покрытий на белую жесьть, а также возможные пути их решения. Проведен всесторонний анализ технологических процессов всех стадий производства жестяной тары, на основании которого осуществлена комплексная регулировка элементов и параметров сушильной установки.

Ключевые слова: жестяная тара, белая жесьть, сушильная установка, лаковые покрытия, комплексная регулировка

Для цитирования: Ткаченко Т.И., Максимова В.И., Юдин В.Г. Управление процессами нанесения защитных покрытий при изготовлении жестяной тары на производственной базе ООО «Большекаменская ЖБФ «Доброфлот» // Научные труды Дальрыбвтуза. 2022. Т. 61, № 3. С. 43–49.

FOOD SYSTEMS

Original article

Management the processes of applying protective coatings in the manufacture of tin containers at the production base of LLC «Bolshekamenskaya ZhBF «Dobroflot»

Tatyana I. Tkachenko¹, Vera I. Maksimova², Vyacheslav G. Yudin³

^{1,2}Far Eastern State Technical Fisheries University, Vladivostok, Russia

³GK «Dobroflot», Artyom, Russia

¹tkachenko.ti@dgtru.ru

²maksimova.vi@dgtru.ru

³vg.yudin@fishdv.ru

Abstract. The article discusses the problems that arise when applying protective coatings on tinplate, as well as possible ways to solve them. A comprehensive analysis of the technological processes of all stages of the production of tin containers was carried out, on the basis of which a comprehensive adjustment of the elements and parameters of the drying plant was carried out.

Keywords: tin container, tinplate, dryer, varnish coatings, complex adjustment

For citation: Tkachenko T.I., Maksimova V.I., Yudin V.G. Management the processes of applying protective coatings in the manufacture of tin containers at the production base of LLC «Bolshekaemenskaya ZhBF «Dobroflot». *Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University*. 2022; 61(3): 43–49 (in Russ.).

Из всех видов герметической тары наибольшее распространение получила тара из белой луженой жести, на поверхности которой имеется тончайший слой олова. Этот слой облегчает процесс изготовления тары, улучшает способность жести к деформации, а также выполняет противокоррозионные функции. Однако для повышения химической стойкости, и в особенности стойкости против коррозии, белую жечь электролитического лужения, предназначенную для изготовления консервной тары, подвергают лакированию на предприятиях жестяно-баночного производства. Лаковое покрытие на белой жести изолирует ее от непосредственного соприкосновения с пищевыми консервированными продуктами, в значительной мере защищает от коррозии [1, 4, 5].

Перед нанесением лакового покрытия белую жечь тщательно сортируют: отбраковывают деформированную жечь с неровными кромками, загнутыми углами и загрязненную. Отсортированную жечь перед лакировкой очищают от жировых и других загрязнений при помощи прокаливания и обработки на жещьочистительных машинах. Технологическая схема нанесения защитных покрытий при изготовлении жестяной тары представлена на рис. 1.

Наибольшее распространение для защиты жести от коррозии в пищевых средах получили химически стойкие эпоксифенольные лаки на основе эпоксидных смол в смеси с фенолоформальдегидными смолами [2, 3].

К лаковым и эмалевым покрытиям консервной тары предъявляются определенные требования: они должны выдерживать напряжения, создаваемые в процессе производства тары (при штамповке, закатке и др.), должны быть стойкими при содержании солей, органических кислот, белковых и других химических соединений, входящих в состав пищевых сред, и быть безвредными для человеческого организма.

Основными физическими характеристиками лаково-эмалевых защитных покрытий является твёрдость, эластичность и адгезия к подложке (белой жести). При этом если адгезия и эластичность контролируются в производственном процессе производства жестяных банок, то контроль твёрдости лакокрасочного покрытия в технологическом процессе нанесения для жестяной тары не проводится. В то же время для изготовителя лакоматериалов все указанные характеристики оговариваются в нормативно-технической документации (НТД), нормируются методики испытаний или определяются.

В связи с этим, используя ту или иную марку лакоматериалов, изготовитель банкотары в первую очередь должен руководствоваться технологической картой поставщика лакоматериалов, в которой определены характеристики и технологические режимы сушки, соблюдение которых должно гарантировать соответствие физико-химических свойств покрытия требованиям ГОСТ 5981-2011.

На Большекаменской жестяно-баночной фабрике в серийном производстве жестяной тары в качестве защитных внутренних и наружных покрытий белой консервной жести применяются лакокрасочные материалы изготовителя PPG Packaging Coating на эпоксифенольной основе.

В производственном процессе изготовления банкотары на Большекаменской ЖБФ «Доброфлот» технологические линии лакирования жести оснащены конвекционными сушильными печами, которые должны обеспечивать режимы сушки лакоматериалов в соответ-

ствии с технологическими картами. Печь состоит из корпуса, цепного конвейера, приемного транспортера, выносного транспортера подъемников для укладки лакированных листов в штабель, калорифера, вентилятора для циркуляции воздуха, воздушного фильтра, вентилятора для удаления паров лака, вентилятора для охлаждения и вентилятора для удаления воздуха. Внутри корпуса имеются верхние и нижние жалюзи, с помощью которых регулируют подачу нагретого и удаление охлажденного воздуха в процессе его циркуляции, благодаря чему меняется температура воздуха в зоне сушки.

Строгое соблюдение в печах указанных режимов обеспечивает важнейшую характеристику физических свойств – баланс твёрдости и эластичности лаковой плёнки, обеспечивающий, с одной стороны, защиту поверхности банки от механических повреждений в процессе производства консервов, с другой – сохранение своих свойств при пластических деформациях (штамповка и формирование закаточного шва). Печи оснащены электронными контроллерами для установления температуры и поддержания её внутри печи по четырем зонам. Данные с контроллеров выводятся на монитор ПК онлайн, используя ПО СКАДА.



Рис. 1. Технологическая схема нанесения защитных покрытий при изготовлении жестяной тары
Fig. 1. Technological scheme of applying protective coatings in the manufacture of tin containers

Лист жести в печи во время всего процесса сушки находится в вертикальном положении. Режим сушки для лака PPG2010-801/A определён изготовителем в технологической карте как 15 мин при 205–210 °С. Для получения требуемого результата лакирования жести задан-

ный режим сушки должен обеспечиваться по всей площади поверхности листа жести в течение установленного времени. Это достигается за счёт направленного равномерного потока горячего воздуха в печи от источника тепла (электрических ТЭНов) к вытяжному вентилятору в каждой зоне печи без скачков и колебаний.

Электронные контроллеры, которые обычно используют в производстве, не могут дать достоверную информацию о соблюдении этого процесса, поскольку осуществляют управление процессом только на основании показаний датчиков в строго определённых местах печи, а не на поверхности листа жести. Для получения достоверной информации о фактическом температурном режиме сушки был применён прибор для контроля температуры ДАТАРАQ-9061А (рис. 2). Для регистрации температуры при помощи этого прибора была произведена установка датчиков (шесть штук) на поверхности листа жести (по периметру и в центральной части). Датчики снимают данные температуры с поверхности листа непрерывно во время прохождения листа жести в сушильной печи с выводом данных на ПК в виде графиков по каждому датчику.



Рис. 2. Регистратор температуры ДАТАРАQ-9061 А в сушильной печи
Fig. 2. DATARAQ-9061 A temperature recorder in a drying oven

Полученный график (рис. 3) характеризует распределение температуры на поверхности листа жести в различных зонах сушильной печи. На графике видно, что имеется значительный разброс температур в различных точках поверхности листа жести, что является несоответствием температуры требованиям технологического режима. В конце первой и начале второй зонах печи наблюдается «проседание» температуры по всем точкам контроля, а в третьей зоне температура достигла заданной и превысила её значения по трём датчикам.

При этом электронные контроллеры выводили на монитор, что температура в печи 200 °С по всем зонам. Такое отклонение от технологического режима неминуемо приводило к выпуску продукции не соответствующего НТД качества, либо к значительному повышению процента бракованной продукции. Причиной отклонения технологического режима послужило то, что в силу различных причин была нарушена ламинарность воздушных потоков в печи с одновременным дисбалансом как по направлениям потоков, так и по зонам сушки.

По результатам полученных графиков и выявленных отклонений была произведена комплексная регулировка элементов и параметров сушильной установки: шиберных заслонок, рефлекторных направляющих и скоростей потоков горячего воздуха от нагнетающего вентилятора.

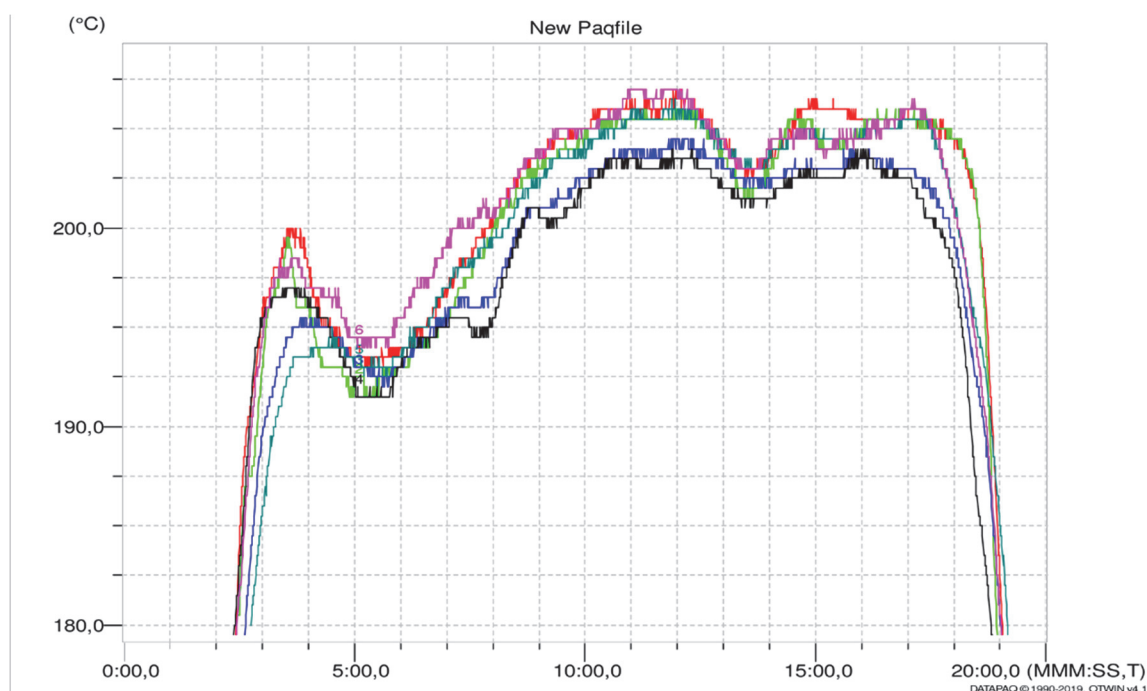


Рис. 3. График распределения температур в различных зонах сушки до комплексной регулировки
Fig. 3. Temperature distribution graph in different drying zones before complex adjustment

В результате выполненной регулировки температурный провал по зонам сушки был устранён, о чём свидетельствует полученный график распределения температур (рис. 4). Наблюдается относительно равномерное распределение температуры на поверхности листа жести в различных зонах печи. Незначительное превышение температуры в 3-й зоне корректируется на электронном контроллере в сторону снижения установленной температуры. При этом время сушки при требуемой температуре вышло на уровень 15 мин.

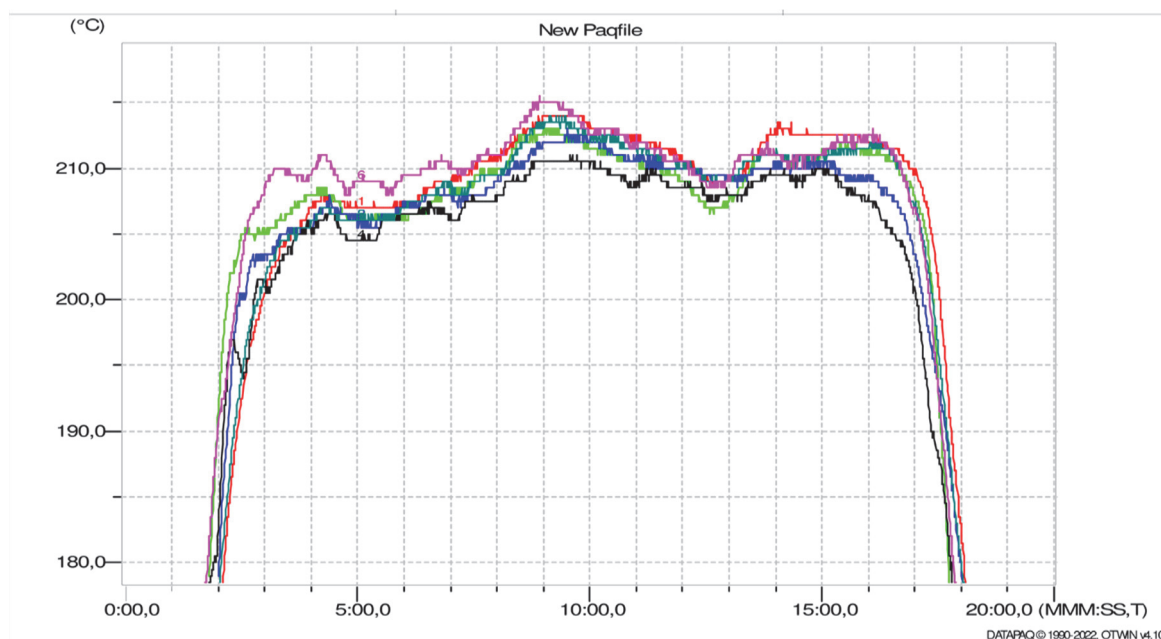


Рис. 4. График распределения температур в различных зонах сушки после комплексной регулировки
Fig. 4. Temperature distribution graph in different drying zones after complex adjustment

Таким образом, после глубокого и всестороннего анализа соответствия текущих технологических процессов всех стадий производства жестяной тары – технологическим картам изготовителя лакоматериалов – можно сделать вывод, что используемые на производственной базе ООО «Большекаменская ЖБФ «Доброфлот» в серийном производстве жестяной тары покрытия на эпоксифенольной основе успешно выдерживают режимы стерилизации на соответствие НТД.

При этом в процессе нанесения защитных покрытий управление технологическими режимами имеет первостепенное значение в решении задач обеспечения качества жестяной тары для консервированной продукции. Полагаясь только на штатные приборы контроля работы технологической линии, возможно допустить неконтролируемый массовый выпуск продукции не соответствующего качества.

Список источников

1. Производство жестяной консервной тары / В.М. Чупахин, В.Т. Леонов. 3-е изд. М.: Пищ. пром-сть, 1974. 432 с.
2. Защита от коррозии, старения и биоповреждений машин, оборудования и сооружений: справочник: в 2 т. Т. 2 / под ред. А.А. Герасименко. М.: Машиностроение. 1987. 784 с.
3. Клинов И.Я. Коррозия химической аппаратуры и коррозионностойкие материалы. М.: Машиностроение, 1967.
4. Металлы и сплавы: справочник / под ред. Ю.П. Солнцева. СПб.: АНО НПО «Профессионал»; АНО НПО «Мир и семья», 2003. 1066 с.
5. Локшин Я.Ю. Консервная тара из новых видов жести и из алюминия. М.: Пищ. пром-сть, 1975. 128 с.

References

1. Production of tin cans / V.M. Chupakhin, V.T. Leonov. 3rd ed. M.: Food. prom-st, 1974. 432 p.
2. Protection against corrosion, aging and bio-damage of machinery, equipment and structures: reference book: in 2. Vol. T. 2 / edited by A.A. Gerasimenko. M.: Mechanical Engineering. 1987. 784 p.
3. Klinov I.Ya. Corrosion of chemical equipment and corrosion-resistant materials. M.: Mashinostroenie, 1967.
4. Metals and alloys. Guide / edited by Solntseva Yu.P. SPb.: ANO NGO «Professional»; ANO NGO «Peace and Family», 2003. 1066 p.
5. Lokshin Ya.Yu. Canning containers made of new types of tin and aluminum. M.: Food. prom-st, 1975. 128 p.

Информация об авторах

Т.И.Ткаченко – кандидат технических наук, доцент, зав. кафедрой «Технологические машины и оборудование», SPIN-код: 5932-9472, AuthorID: 214372;

В.И. Максимова – старший преподаватель кафедры «Технологические машины и оборудование»;

В.Г. Юдин – ГК «Доброфлот».

Information about the authors

T.I. Tkachenko – PhD in Engineering Sciences, Associate Professor, Head of the Department Technological Machines and Equipment, SPIN-code: 5932-9472, AuthorID: 214372;

V.I. Maksimova – Senior Lecturer of the Department Technological Machines and Equipment;
V.G. Yudin – GK «Dobroflot».

Статья поступила в редакцию 21.09.2022; одобрена после рецензирования 23.09.2022;
принята к публикации 06.10.2022.

The article was submitted 21.09.2022; approved after reviewing 23.09.2022; accepted for publication 06.10.2022.

РЫБНОЕ ХОЗЯЙСТВО, АКВАКУЛЬТУРА И ПРОМЫШЛЕННОЕ РЫБОЛОВСТВО

Научная статья

УДК 639.3(075.8)

**Выращивание хлореллы открытым способом
для повышения продуктивности рыбоводных прудов**

Елена Николаевна Гинатуллина¹, Камол Сабирович Туйчиев², Эльмаз Хакимжановна Рахимджанова³

^{1,2,3} НИИ рыбоводства, Ташкентская область, Янгиюльский район, Узбекистан

¹ ginatullina@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0002-3462-0908X>

² toychiyevkamoliddin4@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0002-3104-6867X>

Аннотация. Приведены результаты культивирования хлореллы в открытых фотобиореакторах для улучшения качества воды в рыбоводных прудах. Установлено, что только адаптированные к природным водам штаммы хлореллы можно использовать для массового культивирования хлореллы в открытых системах.

Ключевые слова: *Chlorella*, адаптированный штамм, массовое культивирование, открытые фотобиореакторы, плотность культуры

Благодарности: авторы выражают благодарность за предоставление штамма *Chlorella vulgaris* сотруднику Бухарского государственного университета Эльбеку Джалолову, организатору коммерческого канала в Узбекистане *Chlorella Excel Group*.

Для цитирования: Гинатуллина Е.Н., Туйчиев К.С., Рахимджанова Э.Х. Выращивание хлореллы открытым способом для повышения продуктивности рыбоводных прудов // Научные труды Дальрыбвтуза. 2022. Т. 61. № 3. С. 50–56.

FISHERIES, AQUACULTURE AND INDUSTRIAL FISHERIES

Original article

Growing *Chlorella* species in the open ponds to increase of fish productivity

Elena N. Ginatullina¹, Kamol S. Toychiyev², Elmaz Kh. Rachimjanova³

^{1,2,3}Institute of Fishery, Tashkent region, Yangiyul province, Uzbekistan

¹ ginatullina@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0002-3462-0908X>

² toychiyevkamoliddin4@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0002-3104-6867X>

Abstract. In the paper showed the results of cultivating *Chlorella vulgaris* in the open type of photo bioreactors to improve the water quality of fish ponds productivity. It was established, that for large-scale cultivation of chlorella in open systems we should use some strains adapted to natural waters can be used.

Keywords: Chlorella, adapted strain, mass cultivation, open photo bioreactors, culture density

Acknowledgments: we express our gratitude for a provision of *Chlorella vulgaris* strain by Elbek Jalolov, an employee of the Bukhara State University and an organizer of one commercial channel in Uzbekistan «Chlorella Excel Group».

For citation: Ginatullina E.N., Toychiyev K.S, Rachimjanova E.Kh. Growing *Chlorella* species in the open ponds to increase of fish productivity. *Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University*. 2022; 61(3): 50–56. (in Russ.).

Введение

Известно, что одноклеточная протококковая водоросль хлорелла содержит большое количество белка – 55 %, и он превосходит по качеству известные растительные белки, так как содержит все необходимые аминокислоты, в том числе незаменимые. Клетки хлореллы в зависимости от их генетических свойств и применяемых воздействий могут быть превращены в системы, направленно синтезирующие белки, углеводы или жиры, что открывает принципиальные возможности управления не только интенсивностью, но и качественной стороной биосинтеза у микроводорослей [2, 8, 9].

Хлорелла имеет большое значение при культивировании естественных кормов, используемых для выращивания растительноядных рыб. Так, применение хлореллы в рыбоводстве обосновано по многим причинам, так как приводит к уменьшению условно-патогенной микробиоты, увеличивает иммунитет рыб, увеличивает кормовую ценность и биомассу зоо- и фитопланктона, и поэтому в целом увеличивает выход товарной рыбы на всех этапах развития (малек, личинка, сеголетка, годовик).

Наш эксперимент по культивированию хлореллы проводился в НИИ рыбоводства Янгиюльского района Ташкентской области. Основная исследовательская цель – научиться выращивать хлореллу в открытых фотобиореакторах, оптимизировать технологию её культивирования, чтобы эффективно использовать суспензию в рыбоводных прудах для выращивания поликультуры карповых рыб.

Объекты и методы исследований

Эксперименты с двумя штаммами хлореллы проводили весной и летом 2022 г. (апрель–июнь). В нашем исследовании мы использовали 2 разных штамма *Chlorella* sp.2. Штамм *Chlorella* sp.2 выращивали первоначально как маточную культуру в 20 л стеклянных баллонах на среде Тамия (при концентрации азота 2,5 и 5 г/л) на дистиллированной воде; при этом подавали для хлореллы через компрессор воздух (концентрация CO₂ 0,03 %). В лабораторных условиях штамм *Chlorella* sp.2 очень хорошо и быстро развивался при температуре от 22–26 °С. Начальная концентрация клеток хлореллы в маточной культуре в наших экспериментах на среде Тамия составила 110–130 тыс. клеток на 1 мл.

Для измерения рН культурной среды *Chlorella* sp.2 использовали сенсорный мультипараметр (Biobase 900). Водородный показатель составлял в начальной стадии эксперимента рН=4,8, в конце эксперимента – рН=6,5 для среды Тамия 5 г/л азота и от 8 до 9 для среды Тамия 2,5 г/л азота. Для внешнего освещения культуры использовали лампы полного светового спектра с преобладанием синего (400–500 нм) и красного (600–700 нм) цветов.

Для массового культивирования хлореллы на открытом воздухе и при естественном свете мы использовали другой штамм хлореллы *Chlorella vulgaris* (полученный от владельца группы Chlorella excel group, Бухарский государственный университет). С этим штаммом мы проводили эксперименты в таких открытых фотобиореакторах из искусственных непрозрачных материалов, как 400-литровые еврокубы, 7-тонный полиуритановый бассейн и система закольцованных бетонных бассейнов. Температура среды во время эксперимента составляла

от 24 и выше 33 °С. Для этого эксперимента мы использовали смесь удобрений: селитры, мочевины, аммофоса и коровьего перепревшего навоза. В этом случае рН суспензии хлореллы также возрастала от 6,5 в начале эксперимента, до 8,9 – на седьмой день эксперимента. Начальная концентрация клеток *Chlorella vulgaris* составила 110 тыс. клеток на 1 мл.

На полный объем питательной среды во всех экспериментах добавляли 10 % суспензии хлореллы.

Результаты и их обсуждение

Для получения высокой продуктивности микроводоросли важную роль играет совместное действие нескольких факторов среды: концентрация биогенных элементов, перемешивание культуры, рН среды (концентрация углекислого газа), температура, интенсивность и качество освещения, высота слоя в фотобиореакторе, технологичность процесса [1, 4, 6].

Эксперименты с маточной культурой. Результаты параметров маточной культуры *Chlorella* sp.2 при выращивании в закрытом 20 л стеклянном фотобиореакторе (искусственное освещение) были следующие. Начальная концентрация культуры хлореллы на среде Тамия 5 г/л составила 130 тыс., а в конце эксперимента на 21-й день – 8 млн 300 тыс. клеток/мл. Максимальная плотность клеток хлореллы в этом эксперименте была зарегистрирована на 16-й день культивирования при температуре водной среды 24 °С и рН=6,5–13 млн 250 тыс. клеток в 1 мл суспензии. Нужно отметить, что продуктивность исследуемого нами штамма хлореллы не является сама по себе высокой. Однако снижение продуктивности хлореллы в этом эксперименте могло ограничиваться несколькими факторами. В первую очередь, это световое насыщение культуры, вероятнее всего, оно стало недостаточным после достижения максимальной плотности культуры. В этом эксперименте рН среды на 16-й день составляла 6,5, т.е. в питательной среде в это время все еще не наблюдалось недостатка питательных веществ. Насыщение углекислым газом культуры при такой низкой концентрации клеток хлореллы не является лимитирующим фактором. Кроме того, фактором, снижающим продуктивность хлореллы, могло быть перенасыщение суспензии кислородом, которое приводит к фотоокислению и повреждению рецепторов.

Второй эксперимент с маточной культурой *Chlorella* sp.2 мы провели, используя культурную среду Тамия с концентрацией азота 2,5 г/л. Начальная концентрация культуры хлореллы составила в этом случае 110 тыс. клеток/мл. Эксперимент в этом случае продолжался 20 дней, культура росла медленнее, чем в первом случае, и максимальная плотность клеток наблюдалась в конце эксперимента и составила 5 млн 540 тыс. клеток. Вероятнее всего, ограничивающим фактором для роста *Chlorella* sp.2 была недостаточная концентрация азота, что и ограничило рост культуры с самого начала. В пользу этого фактора свидетельствует высокий рН среды с самого начала эксперимента.

Несмотря на то, что клетки штамма *Chlorella* sp.2 хорошо чувствовали себя в дистиллированной воде на среде Тамия, культура неоднократно погибала через каждые три дня культивирования на грунтовой воде, которая обладала повышенной минерализацией и жесткостью по сравнению с дистиллированной водой. Таким образом, все наши попытки адаптации культуры к грунтовой воде приводили к отрицательному результату.

Поэтому на следующем этапе исследования мы экспериментировали с адаптированным к природной воде штаммом *Chlorella vulgaris* (штамм, полученный от *Chlorella excel* group, г. Бухара). Маточную культуру *Chlorella vulgaris* получали способом описанным выше. Далее для массового культивирования хлореллы использовали в качестве фотобиореакторов открытого типа 400-литровые “еврокубы”.

При культивировании хлореллы для использования в рыбоводных прудах лучше всего выращивать штаммы, выделенные из водоемов и адаптированные многолетним культивированием к природным водам с повышенной минерализацией и жесткостью и

недостатку углекислого газа. Адаптированная хлорелла от *Chlorella excel group* легко культивируется на грунтовых водах нашего НИИ рыбоводства, но следует отметить, что токсикологические параметры прудовой воды все же очень важны для выращивания хлореллы, т.е. вода не должна содержать токсичных веществ, таких, как тяжелые металлы, СПАВы и остатки нефтепродуктов [5, 10].

Для культивирования адаптированного штамма хлореллы на грунтовых водах мы использовали различные питательные среды: Тамия, Кнопа, Тамия, Чу 13. Для массового культивирования хлореллы мы остановились на использовании питательной смеси из нескольких минеральных удобрений, которые были достаточно эффективны и бюджетны для ее культивирования в открытых системах. Такую питательную среду готовили путем растворения 0,4 г селитры, 0,2 г мочевины и 0,1 г аммофоса и коровьего перепревшего навоза 150 мг на 1 л дистиллированной воды. При этом позволяли смеси отстояться и использовали 3-дневный питательный раствор.

Первоначальное количество клеток хлореллы, размещенных снаружи в еврокубе, составляло около 100 тыс., но, используя раствор вышеуказанных солей и органического навоза, количество клеток хлореллы в среде увеличивалось до 1 млн в течение 3 дней. Температура воды во время эксперимента в еврокубе составляла от 24–31 °С. Результаты 7-дневного эксперимента с выращиванием хлореллы двух штаммов с разными параметрами культурной среды и условиями культивирования показаны в таблице.

Параметры культивирования двух штаммов: *Chlorella* sp.2 на питательной среде Тамия 5 г/л азота (дистиллированная вода и искусственное освещение, 20 л) и *C. vulgaris* на среде из мочевины, селитры, аммофоса (грунтовая вода и естественное освещение)

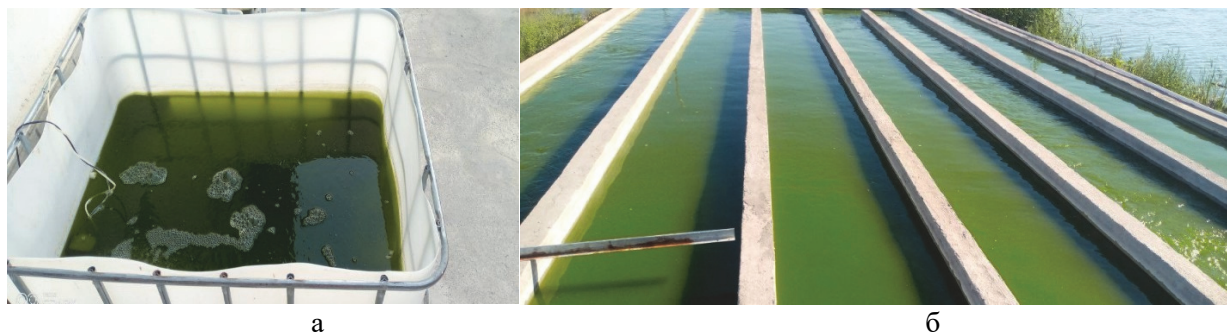
Cultivation parameters of 2 strains: *Chlorella* sp.2 on a nutrient medium of Tamium 5 g/l of nitrogen (distilled water and artificial lighting, 20 l) and *C. vulgaris* on a medium of urea, saltpeter, ammophos (ground water and natural lighting)

Продолжительность эксперимента	Температура, °С	pH	Концентрация клеток в 1 мл среды <i>C. vulgaris</i>	Температура, °С	pH	Концентрация клеток в 1 мл среды <i>Chlorella</i> sp.2
1-й день	24	6,5	110000	22	4,5	130000
2-й день	24,7	7,3	376000	23	4,5	450000
3-й день	25,6	7,5	570000	24	5,0	980000
4-й день	26,7	8,0	840000	24,5	5,4	1.940000
5-й день	27,5	8,2	986000	24	6,0	2.925000
6-й день	30	8,5	1.350000	26	6,2	3.568000
7-й день	31,3	8,9	1.460000	26	6,5	4.020000

В эксперименте со штаммом *Chlorella vulgaris* происходило очень быстрое повышение pH среды, так что на 7-й день pH воды составляла около 9. Кроме того, происходило быстрое повышение температуры питательной среды, которая на 7-й день была выше 31 °С, что и вызывало в дальнейшем не только снижение скорости роста хлореллы, но и ее гибель. Так, авторы [5, 6] указывают, что повышение температуры увеличивает темп роста микроводорослей. Однако, если температура превышает критическое значение, темп роста идет на спад. Критическое значение температуры различно для разных штаммов водорослей; рост ее, как и всех микроводорослей, прекращается совсем при температуре ниже +5 и выше +30 °С. Для *Chlorella vulgaris* диапазон оптимальных температур составляет 20–26 °С.

Использование больших объемов для выращивания хлореллы, таких, как 7-тонный порлиуритановый бассейн, наполненный 5 т воды, в условиях высокой летней радиации (бассейн был выставлен на солнечной стороне для лучшего освещения культуры, а для перемешивания суспензии использовались водяные насосы; высота слоя культуры составила 70 см) уже на третьи сутки привело к повышению температуры воды в дневное время свыше 33 °С, что вызвало быструю гибель клеток хлореллы.

Далее мы провели эксперименты с культивированием *Chlorella vulgaris* в бетонных бассейнах, которые показали, что хлорелла здесь размножается лучше, чем в еврокубах или любых других объемах из искусственного материала, несмотря на то, что в еврокубе высота слоя культуры составляла 45 см, а в бетонных бассейнах – 70 см. Более высокой продуктивности культура хлореллы достигается не только благодаря лучшему освещению, но и разным видам создаваемого течения: создаваемого аэратором – турбулентному в еврокубе, и ламинарному, создаваемого насосом, в бетонных бассейнах (рисунок, а, б). Кроме того, культура хлореллы в бетонном бассейне не подвергается сильному перегреву и токсичному влиянию выделяющихся из-за высокого солнечного излучения токсичных веществ, к которым хлорелла очень чувствительна.



Выращивание хлореллы в открытом 400-литровом биореакторе из искусственного непрозрачного материала (а), в системе бетонных каналов (б)

Chlorella cultivation in an open 400 l bioreactor made of artificial opaque material (a),
in a system of concrete channels (б)

При получении первоначальной суспензии хлореллы в 400-литровом еврокубе, когда количество клеток превышает 1 млн (см. таблицу), уже через 1 неделю можно брать половину суспензии и выливать в бетонные бассейны, при этом каждые 3 дня добавлять ½ объема питательных веществ. На 1 т суспензии каждые 3 дня мы использовали следующие соли: селитра – 400 г, мочевины – 200 г, аммофос – 100 г. Внесение питательного раствора в суспензию каждые 3 дня приводит к более быстрому росту клеток.

Для более высокой продуктивности в литературе рекомендуется подавать углекислый газ в концентрации 5 % [5]. Естественно, в наших экспериментальных условиях концентрация CO₂ составляла 0,03 % (подавалась вместе с воздухом компрессора) и это ограничивало достижение более высокой продуктивности, однако для выращивания хлореллы в открытых условиях рыбоводных хозяйств эта продуктивность достаточна, чтобы насытить пруды кислородом и обеспечить доминирование зеленых водорослей над комплексом синезеленых водорослей. Так, при внесении полученной суспензии хлореллы в пруды с поликультурой растительноядных и бентосоядных карповых рыб в количестве 200 л/га содержание кислорода в прудах с 4 повышалось до 7 мг/л. Если превышение концентрации углекислого газа не критично для микроводорослей, то концентрация кислорода не должна превышать точку перенасыщения, иначе это приводит к фотоокислению; причиняет вред световым рецепторам

микроводорослей, вследствие чего их продуктивность снижается [7]. Эта проблема решается путем установки газообменных камер в систему фотобиореактора [3].

Заключение

При выращивании маточной культуры хлореллы на среде Тамия лучше использовать среду с нормальным содержанием азота – 5 г/л, так, среда с концентрацией азота 2,5 г/л лимитирует рост культуры. Что касается технологии массового выращивания адаптированных к природным водам штаммов хлореллы, то мы бы рекомендовали следующее. Наиболее эффективно для повышения рыбопродуктивности прудов технология культивирования штамма *Chlorella vulgaris* состоит в том, чтобы на первом этапе в течение 7 дней использовать фотобиореакторы средних объемов (для нас подходящим объемом стал 400-литровый еврокуб); наилучшая позиция для установки еврокубов – это, когда солнце попадает на культуру только в утренние часы, а в дневное и вечернее время, когда температура воздуха превышала 40 °С, он оставался в тени и не подвергался перегреву. На втором этапе культивирования хлореллы очень хорошо подходят бетонные бассейны или система каналов, откуда вода непосредственно поступает в рыбоводные пруды.

Список источников

1. Аманов Ч.А. Температурный и радиационный режим промышленных фотореакторов по производству хлореллы. Д.: Ылым, 1989. 308 с.
2. Бондаренко, Е.В. Перспективы использования полостных фотобиореакторов в замкнутых системах жизнеобеспечения / Е.В. Бондаренко, П.А. Гладышев, В.А. Жаворонков, Д.А. Казенин // Новые информационные технологии в медицине, биологии, фармакологии и экологии: материалы 11-й Междунар. конф. Ялта, 2003. С. 225–226.
3. Глузук Л.П. Аппаратурно-технологическое оформление процесса культивирования спирулины: дис. ... канд. техн. наук: 03.00.23 / Глузук Леонид Павлович. М., 2000. 130 с.
4. Гончаров, А.Ю. Зависимость удельной продукции микроводорослей от обеспеченности поверхности клеток биогенными элементами / А.Ю. Гончаров, А.Б. Зотов // Экология моря. 2003. Вып. 64. С. 51–55.
5. Мещерякова Ю.В. Разработка технологического процесса получения биодобавок из липидных компонентов микроводоросли хлорелла для улучшения свойств дизельного топлива: дис. ... канд. техн. наук. Тамбов, 2016. 165 с.
6. Музафаров, А.М. Культивирование и применение микроводорослей: монография / А.М. Музафаров, Т.Т. Таубаев. УзССР: Фан, 1984. 136 с.
7. Plyushina T.Yu., Riznichenko G.Yu., Rubin A.B. // Photosynthesis Research for Sustainability-2016: тезисы 7th International Conference. Пущино, Московская область, Россия, 19–25 июня 2016.
8. Сифери О. Удивительная водоросль – перспективный источник белка // За рубежом. 1981. № 49(1118). С. 21
9. Шмигель В.В., Суховский Н.А. Выращивание микроводоросли *Chlorella vulgaris* под воздействием электростатического поля. Ярославль, 2020. С. 9–10.
10. Упитис В.В. Макро- и микроэлементы в оптимизации минерального питания микроводорослей: монография. Рига: Зинатне, 1983. 239 с.

References

1. Amanov Ch.A. Temperature and radiation regime of industrial photoreactors for the production of chlorella. D.: Ylym, 1989. 308 p.

2. Bondarenko, E.V. Prospects for the use of cavity photobiore-actors in closed life support systems / E.V. Bondarenko, P.A. Gladyshev, V.A. Zhavoronkov, D.A. Kazenin // *New information technologies in medicine, biology, pharmacology and ecology: materials of the 11th International Conference*. Yalta, 2003. P. 225–226
3. Glushchuk L.P. Hardware and technological design of the spirulina cultivation process: dis. ...Candidate of Technical Sciences: 03.00.23 / Leonid Pavlovich Glushchuk. M., 2000. 130 p.
4. Goncharov, A.Yu. The dependence of the specific production of microalgae on the provision of the cell surface with biogenic elements / A.Yu. Goncharov, A.B. Zotov // *Ecology of the sea*. 2003. Issue 64. P. 51–55.
5. Meshcheryakova Yu.V. Development of a technological process for obtaining dietary supplements from lipid components of chlorella microalgae to improve the properties of diesel fuel: dis. ... Candidate of Technical Sciences. Tambov, 2016. 165 p.
6. Muzafarov, A.M. Cultivation and application of microalgae: monograph / A.M. Muzafarov, T.T. Taubaev. UzSSR: Fan, 1984. 136 p.
7. Plyushina T.Yu., Riznichenko G.Yu., Rubin A. B. // *Photosynthesis Research for Sustainability-2016: abstracts 7th International Conference*. Pushchino, Moscow Region, Russia, June 19–25, 2016.
8. Siferi O. Amazing algae – a promising source of protein // *Abroad*. 1981. № 49(1118). P. 21.
9. Shmigel V.V., Sukhovskiy N.A. Cultivation of microalgae chlorella vulgaris under the influence of an electrostatic field. Yaroslavl, 2020. P. 9–10.
10. Uptis V.V. Macro- and microelements in the optimization of mineral nutrition of microalgae: monograph. Riga: Zinatne. 1983. 239 p.

Информация об авторах

Е.Н. Гинатулина – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, зав. лабораторией «Рыбоводство в естественных водоемах», Scopus AuthorID: 56520274600;
К.С. Туйчиев – свободный соискатель PhD, и.о. зав. лабораторией «Корма и кормление рыб»;
Э.Х. Рахимжанова – лаборант лаборатории химического анализа, бакалавр Аграрного университета.

Information about the authors

E.N. Ginatullina – PhD in Biological Sciences, Senior scientific researcher, Head of the Laboratory «Fishery in the natural water bodies», Scopus AuthorID: 56520274600;
K.S. Tuychiev – free PhD applicant, acting Head of the Laboratory «Fodder and feeding of fish»;
E.Kh. Rakhimzhanova – Assistant of Laboratory of Chemical Analysis, Bachelor's degree student of Agrarian University.

Статья поступила в редакцию 27.09.2022; одобрена после рецензирования 02.10.2022; принята к публикации 06.10.2022.

The article was submitted 27.09.2022; approved after reviewing 02.10.2022; accepted for publication 06.10.2022.

СУДОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ И ИХ ЭЛЕМЕНТЫ
(ГЛАВНЫЕ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ)

Научная статья

УДК 656.61.052+681.3

Тенденции развития безэкипажного (автономного) судовождения в России

Анастасия Вадимовна Гамс

Морской государственный университет имени адмирала Г.И. Невельского, Владивосток, Россия, gams@msun.ru

Аннотация. В последние годы идет стремительное развитие безэкипажного судовождения. В российском научном сообществе эта тема обсуждается все чаще. Академия водного транспорта Российского университета транспорта анонсировала стратегический проект № 3 на тему «Электронная навигация и беспилотное (автономное) судовождение», срок реализации которого 2021–2030 гг. Данная статья посвящена подробному рассмотрению проекта, его цели и актуальности, планируемых задач, а также побочных процессов, реализуемых в рамках проекта. Рассматриваются все программы различных ступеней образования: среднего специального образования, дополнительных профессиональных программ и высшего образования. В рамках проекта планируется открытие образовательных программ по судовождению и эксплуатации автономных судов, эксплуатации судовых энергетических установок автономных судов, эксплуатации систем автоматизации автономных судов, управлению автономным флотом, проектированию береговой транспортной инфраструктуры для автономного флота, проектированию автономных / малоэкипажных судов, управлению автономным маломерным судном, судовыми системами автоматического управления и т.д. В работе использованы достоверные источники информации, включая сведения, взятые с официального сайта Российского университета транспорта.

Ключевые слова: судовождение, развитие российского судоходства, информационные технологии, автономное судно, современные технологии, безэкипажное судно, образование, электронная навигация, безопасность мореплавания, квалификация специалистов, мировое судоходство

Для цитирования: Гамс А.В. Тенденции развития безэкипажного (автономного) судовождения в России // Научные труды Дальрыбвтуза. 2022. Т. 61, № 3. С. 57–63.

MARINE POWER PLANTS AND THEIR ELEMENTS (MAIN AND AUXILIARY)

Original article

Trends in the development of unmanned (autonomous) navigation in Russia

Anastasia V. Gams

Maritime State University named after admiral G.I. Nevelskoy, Vladivostok, Russia, gams@msun.ru

Abstract. The development of unmanned navigation has been increasing especially rapidly in recent years. That is why it is not surprising that this topic is being heard more and more often in the Russian scientific community. The Academy of Water Transport of the Russian University of Transport has announced a strategic project No. 3 on the topic "Electronic navigation and unmanned (autonomous) navigation", the implementation period of which is 2021-2030. This article is devoted to a detailed review of the project, its purpose and relevance, planned tasks, as well as side processes implemented within the framework of the project. All programs of various levels of education are considered: secondary special education, additional professional programs and higher education. Within the framework of the project, it is planned to open educational programs in the field of navigation and operation of autonomous vessels, operation of ship power plants of autonomous vessels, operation of automation systems of autonomous vessels, management of autonomous fleet, design of coastal transport infrastructure for autonomous fleet, in the field of design of autonomous / small-scale vessels, management of autonomous small vessel, ship automatic control systems, etc. The work uses reliable sources of information, including information taken from the official website of the Russian University of Transport.

Keywords: navigation, development of Russian shipping, information technologies, autonomous vessel, modern technologies, unmanned vessel, education, electronic navigation, safety of navigation, qualification of specialists, world shipping

For citation: Gams A.V. Trends in the development of unmanned (autonomous) navigation in Russia. *Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University*. 2022; 61(3): 57–63. (in Russ.).

С развитием современных технологий все стремительнее растет интерес к автоматизации процессов, в том числе и в морском судовождении. Радикальные изменения в этой области произойдут в ближайшем будущем. Уже сейчас системы с автономным управлением выходят в море без каких-либо трудностей и негативных последствий [1, 2].

Первое автономное судно было продемонстрировано в декабре 2018 г. компаниями Rolls-Royce и Finferries. Паром Falco смог выполнить автоматические операции без вмешательства экипажа [1, 3].

Однако российское безэкипажное судоходство не стоит на месте. На сайте Российского университета транспорта опубликована информация о стратегическом проекте № 3 на тему «Электронная навигация и беспилотное (автономное) судовождение». Срок действия проекта 2021–2030 гг. [4].

Основная цель проекта: технологическое лидерство в сфере электронной навигации и безэкипажного (автономного) судовождения. По большей части данная цель должна была быть поставлена еще несколько лет назад, однако даже сейчас это большой шаг вперед для развития всемирного безэкипажного судовождения.

Актуальность рассматриваемого проекта выражается во внедрении информационных технологий в область морского и речного транспорта, проведении тестирования технологий безэкипажного судовождения и, более того, выявлении компетенций и обучении специалистов для развития воднотранспортной отрасли. Автономное судовождение полностью изменит представление о перевозках посредством водного транспорта. Это скажется на следующих областях: технологическом оснащении судов, конфигурации портовой инфраструктуры, технологиях грузообработки, компетентностном профиле специалистов в указанных обла-

стях. Использование безэкипажных судов подразумевает создание определенной системы их эксплуатации, что, в свою очередь, требует решить такие проблемы, как обеспечение экологически надежного и безопасного функционирования в рамках правил мирового судоходства, проведение анализа для выявления типов и размерной сетки судов, создание определенного перечня операционных возможностей безэкипажных судов [5, 6].

По данным Академии водного транспорта Российского университета транспорта, в рамках данного проекта планируется реализовать следующие задачи:

- разработать программы высшего, среднего профессионального и дополнительного образования;
- разработать конструкторско-технологические решения и программные продукты для систем управления автономным судном удаленным доступом, автоматической швартовки;
- предоставить результаты интеллектуальной собственности;
- организовать программу академической мобильности с институтами-участниками консорциума;
- выполнить ряд НИОКР, разработку инженерных систем жизнеобеспечения и разработку алгоритмов управления безэкипажными судами;
- построить полностью безэкипажное судно и учебное судно РУТ (МИИТ), оснащенное системами автономного судовождения;
- разработать и принять к тестированию технологии с 1-й по 4-ю степень автономности для формирования системы автономного судоходства на ВВП России;
- создать международную университетскую лабораторию по безэкипажному судовождению с привлечением зарубежных вузов-партнеров и провести научно-практические конференции;
- создать современные лаборатории судовых энергетических установок автономных судов с проведением экспериментов с использованием разных видов топлива.

Руководителем проекта выступил директор Академии водного транспорта РУТ (МИИТ) Алексей Борисович Володин, также в команду вошел директор НОЦ МВВТиГАС Дмитрий Юрьевич Колодяжный [4].

Авторы проекта утверждают, что он создан для поддержки внедрения в России автономного судовождения и электронной навигации и что это, в свою очередь, поможет судовладельцам сократить операционные расходы на треть, а также увеличить безопасность мореплавания.

Более того, на сайте университета есть информация, что реализация проекта поможет решить следующие задачи:

- увеличить количество квалифицированных специалистов в области автономного судовождения для государства;
- определить основы регулирования эксплуатации технологий электронной навигации и безэкипажного судовождения;
- провести объединение фундаментальных знаний и ускорить развитие прикладных исследований в области электронной навигации и автономного судовождения;
- улучшить технологии электронной навигации и безэкипажного судовождения;
- оформить предложения по организации опытного производства образцов судов с помощью использования технологий электронной навигации и автономного судовождения;
- оформить отраслевые образовательные системы и программы по эксплуатации электронной навигации и автономного судовождения.

Также планируется разработка восемнадцати оригинальных образовательных программ в сфере проектирования и эксплуатации безэкипажных судов: в рамках среднего профессио-

нального образования (СПО) – 4, дополнительных профессиональных программ (ДПП) – 8 и высшего образования (ВО) – 6.

Программы ДПП в области а-навигации и е-навигации включают в себя следующие направления:

- в области судовождения и эксплуатации автономных судов;
- в области эксплуатации судовых энергетических установок автономных судов;
- в области эксплуатации систем автоматики автономных судов;
- в области управления автономным флотом;
- в области проектирования береговой транспортной инфраструктуры для автономного флота;

- в области проектирования автономных/малоэкипажных судов;
- в области управления автономным маломерным судном;
- в области судовых систем автоматического управления.

Образовательные программы СПО:

- в области судовождения и эксплуатации автономных судов;
- в области управления автономными судами;
- в области эксплуатации судовых энергетических установок автономных судов;
- в области эксплуатации систем автоматики автономных судов.

Образовательные программы ВО:

- в области проектирования автономных судов;
- в области автоматизации автономных судов;
- в области управления автономными судами;
- в области эксплуатации судовых энергетических установок автономных судов;
- в области эксплуатации систем автоматики автономных судов;
- в области судовождения и эксплуатации автономных судов.

Кроме того, разработкой безэкипажных судов занимаются морские университеты страны: Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова, Государственный морской университет имени адмирала Ф.Ф. Ушакова и Морской государственный университет имени адмирала Г.И. Невельского. Проекты данных университетов находятся на разных стадиях разработки. Так, 24 августа 2021 г. при научно-технической поддержке ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова» (НОЦ «Беспилотные технологии») были успешно проведены испытания безэкипажного катера «БП-Морфометр», изготовленного АО «НПК «Промэлектроника». Они прошли на тестовой акватории «Беспилотник» (площадка № 2), расположенной на реке Нева в Санкт-Петербурге [7]. На рисунках 1 и 2 изображен безэкипажный катер «БП-Морфометр».

31 декабря 2020 г. проводились эксперименты по испытанию разработанных в лаборатории «Автоматизация судовождения» ГМУ им. адмирала Ф.Ф. Ушакова действующих макетов технических средств безэкипажного судовождения в акватории морского порта [8].

В Морском государственном университете имени адмирала Г.И. Невельского готовится к спуску на воду модель безэкипажного судна, рис. 3.

Модель представляет собой однорулевое двухвинтовое судно длиной 2,1 м.

Таким образом, появились положительные тенденции в развитии российского безэкипажного судовождения. В будущем это даст возможность принимать участие в международной гонке в сфере безэкипажного судоходства. На данный момент в ней лидируют такие страны, как Норвегия, Великобритания, Финляндия.



Рис. 1. Безэкипажный катер «БП-Морфометр»
Fig. 1. Unmanned boat «BP-Morphometer»



Рис. 2. Безэкипажный катер «БП-Морфометр» в водных условиях
Fig. 2. Unmanned boat «BP-Morphometer» in water conditions

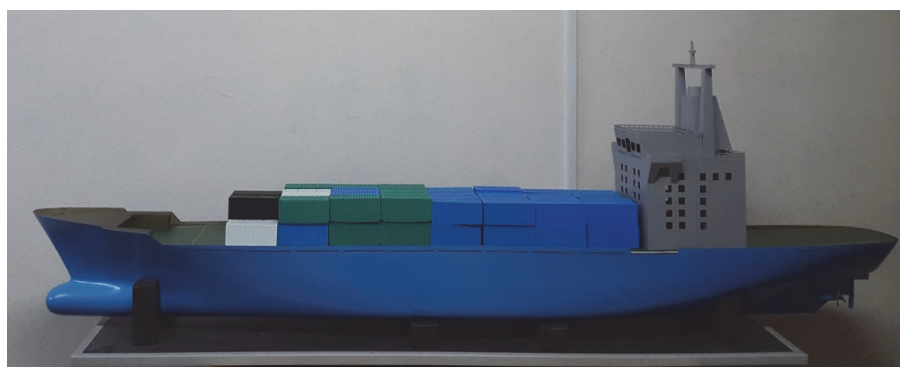


Рис. 3. Модель безэкипажного судна
Fig. 3. Model of an unmanned vessel

Список источников

1. Акмайкин Д.А., Гамс А.В. Метод гибридного управления безэкипажным судном // Эксплуатация водного транспорта. 2022. № 2. С. 160–163.
2. Титов А.В., Баракат Л., Чанчиков В.А., Тактаров Г.А., Ковалев О.П. Системы управления безэкипажными судами // Морские интеллектуальные технологии. 2019. Т. 4, № 1(43). С. 109–120.
3. Rolls-Royce и Finferries испытали первый в мире полностью автономный паром [Электронный ресурс]. URL: <http://portnews.ru/news/268729/?fbclid=IwAR0PToeHGr8HaOIpkYKW7P6MJuJrgThM7wosgLPYiuLKxOn5zk5PjU0k8I> (дата обращения: 07.07.2022).
4. Российский университет транспорта. URL: <https://www.miit.ru/page/178854> (дата обращения: 08.07.2022)
5. Дмитриев, В.И. Методы обеспечения безопасности мореплавания при внедрении беспилотных технологий / В.И. Дмитриев, В.В. Каретников // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. 2017. Т. 9, № 6. С. 1149–1158.
6. Акмайкин Д.А., Гамс А.В. Использование современных информационных систем автономного управления судами для практической подготовки судоводителей // Научные труды Дальрыбвтуза. 2021. Т. 57, № 3. С. 14–18.
7. Испытания опытного образца беспилотного катера. URL: https://gumrf.ru/news/1/news_260821_0.html (дата обращения: 11.07.2022).
8. Научно-исследовательская лаборатория «Автоматизация судовождения». URL: <https://mipas.ru/> (дата обращения: 11.07.2022).

References

1. Akmaykin D.A., Gams A.V. Method of hybrid control of an unmanned vessel // Operation of water transport. 2022. No. 2. P.160–163.
2. Titov A.V., Barakat L., Chanchikov V.A., Taktarov G.A., Kovalev O.P. Control systems for unmanned vessels // Marine intelligent technologies. 2019. Vol. 4, no. 1(43). P. 109–120.
3. Rolls-Royce and Finferries tested the world's first fully autonomous ferry [Electronic resource]. URL: <http://portnews.ru/news/268729/?fbclid=IwAR0PToeHGr8HaOIpkYKW7P6MJuJrgThM7wosgLPYiuLKxOn5zk5PjU0k8I> (accessed: 07.07.2022).
4. Russian University of Transport. URL: <https://www.miit.ru/page/178854> (accessed: 08.07.2022).
5. Dmitriev, V.I. Methods of ensuring the safety of navigation in the introduction of unmanned technologies / V.I. Dmitriev, V.V. Karetnikov // Bulletin of the Admiral S. O. Makarov State University of Marine and River Fleet. 2017. Vol. 9, no. 6. P. 1149–1158.
6. Akmaykin D.A., Gams A.V. The use of modern information systems of autonomous ship management for practical training of boatmasters // Scientific works of Dalrybvtuz. 2021. Vol. 57, no. 3. P. 14–18.
7. Testing of a prototype of an unmanned boat. URL: https://gumrf.ru/news/1/news_260821_0.html (accessed: 11.07.2022).
8. Scientific research Laboratory «Automation of navigation». URL: <https://mipas.ru/> (accessed: 11.07.2022).

Информация об авторе

А.В. Гамс – аспирант, SPIN-код: 4704-4590, AuthorID: 1124064.

Information about the author

A.V. Gams – Postgraduate Student, SPIN-code: 4704-4590, AuthorID: 1124064.

Статья поступила в редакцию 31.08.2022; одобрена после рецензирования 26.09.2022; принята к публикации 05.10.2022.

The article was submitted 31.08.2022; approved after reviewing 26.09.2022; accepted for publication 05.10.2022.

СУДОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ И ИХ ЭЛЕМЕНТЫ
(ГЛАВНЫЕ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ)

Научная статья

УДК 656.085

Человеческий фактор как одна из основных причин аварийности

Виталий Витальевич Ганнесен¹, Екатерина Евгеньевна Соловьёва²

^{1,2} Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, Владивосток, Россия

¹gannesen.vv@dgtru.ru

²pillers@mail.ru

Аннотация. Безопасное и безаварийное судоходство – основная цель судоходной отрасли. Для достижения этой цели необходим анализ предыдущих морских аварий. Это означает поиск причин несчастных случаев, принятие эффективных корректирующих мер, которые могут помочь уменьшить количество таких нежелательных событий в будущем и повысить безопасность судоходства. Поскольку широко признано, что человеческий фактор является причиной 80–85 % всех морских аварий, исследования были сосредоточены на анализе человеческого фактора в морских авариях.

Ключевые слова: безопасность мореплавания, аварийный случай, столкновение, человеческий фактор

Для цитирования: Ганнесен В.В., Соловьёва Е.Е. Человеческий фактор как одна из основных причин аварийности // Научные труды Дальрыбвтуза. 2022. Т. 61, № 3. С. 64–69.

MARINE POWER PLANTS AND THEIR ELEMENTS (MAIN AND AUXILIARY)

Original article

The human factor as one of the main causes of accidents

Vitalii V. Gannesen¹, Ekaterina E. Soloveva²

^{1,2} Far Eastern State Technical Fisheries University, Vladivostok, Russia

¹gannesen.vv@dgtru.ru

²pillers@mail.ru

Abstract. Safe and trouble – free navigation is the main goal of the shipping industry. To achieve this goal, an analysis of previous marine accidents is necessary. The reasons of such accidents should be found and, based on the results of the analysis, the effective corrective measures that can help reduce the number of such undesirable events in the future and increase the safety of navigation should be undertaken. As the human factors are recognized to be the

reason of 80–85 % of all marine accidents, this research has focused on the analysis of human factors in marine accidents.

Keywords: safety of navigation, accident, collision, human factor

For citation: Gannesen V.V., Soloveva E.E. The human factor as one of the main causes of accidents. *Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University*. 2022; 61(3): 64–69. (in Russ.).

Введение

Аварии на морском транспорте сложны и вызваны сочетанием событий или процессов, которые в конечном итоге могут привести к гибели людей и морской жизни, а также к необратимому экологическому и экономическому ущербу. Многие исследования указывают на прямую или косвенную человеческую ошибку как на основную причину морских происшествий, что поднимает множество оставшихся без ответа вопросов о том, как лучше всего предотвратить катастрофическую человеческую ошибку в морских условиях.

Объекты и методы исследований

Признано, что человеческий фактор является причиной 80–85 % всех морских аварий, а значит, расследуя инциденты на море, можно выявить проблемы безопасности и принять превентивные меры. Исходя из статистических данных по показателям аварийности, полученных на основании годовых отчетов Госморречфлота за 2015–2021 гг., наиболее частыми типами морских аварий были столкновения (43 %), посадка на мель (21 %) и пожар/взрыв (16 %). В 2021 г. общее количество столкновений (95) было на 21 % больше, чем в среднем за 10 лет (2010–2019 гг.) (79), количество посадок на мель (47) было на 28 % ниже среднего за 10 лет (65), а количество пожаров/несчастных случаев со взрывами (36) было на 4 % ниже среднего показателя за 10 лет [1]. Морские аварии по типам аварий в 2021 г. по сравнению со средним показателем за 2015–2019 гг. представлены на рис. 1.

Показатели аварийности по видам



Рис. 1. Морские аварии по типам в 2021 г. в сравнении со средним показателем за 2015–2020 гг.

Fig. 1. Marine Accidents by Type in 2021 vs. 2015–2020 Average

По показателям аварийные случаи распределились следующим образом, рисунки 2, 3:



Рис. 2. Показатели аварий на судах промыслового и транспортного флота в период 2015–2021 гг.

Fig. 2. Indicators of accidents on vessels of the fishing and transport fleet in the period 2015–2021



Рис. 3. Показатели очень серьезных аварий, произошедших на судах промыслового и транспортного флота в период 2015–2021 гг.

Fig. 3. Indicators of very serious accidents that occurred on the vessels of the fishing and transport fleet in the period 2015–2021

Анализ аварийных ситуаций показывает, что все они в большинстве случаев характеризуются комбинацией каких-то причин, возникающих на различных стадиях развития аварии. Было выделено несколько вариантов развития причинно-следственных связей, повлекших за собой аварийные ситуации, связанные с ошибками экипажа судна (рис. 4). При этом следует отметить, что такие виды аварийных случаев не являются первопричинами, а выступают следствием других первопричин и тесно связаны с человеческим фактором, доминирующим среди факторов, влияющих на аварийность морского флота [2, 3]. Практически все аварийные случаи, отнесенные по виду к навигационным, явились следствием невыполнения экипажами и/или судовладельцем нормативных документов, регламентирующих безопасность мореплавания, а именно, несоблюдение общепринятых приёмов и способов безопасного управления судном в существующих условиях, ненадлежащая организация безопасной ходовой навигационной вахты. Что касается технических аварийных случаев, среди основных причин, приведших к аварии – несоблюдение правил технической эксплуатации морских судов, правил технической эксплуатации судовых технических средств и конструкций, правил пожарной безопасности.

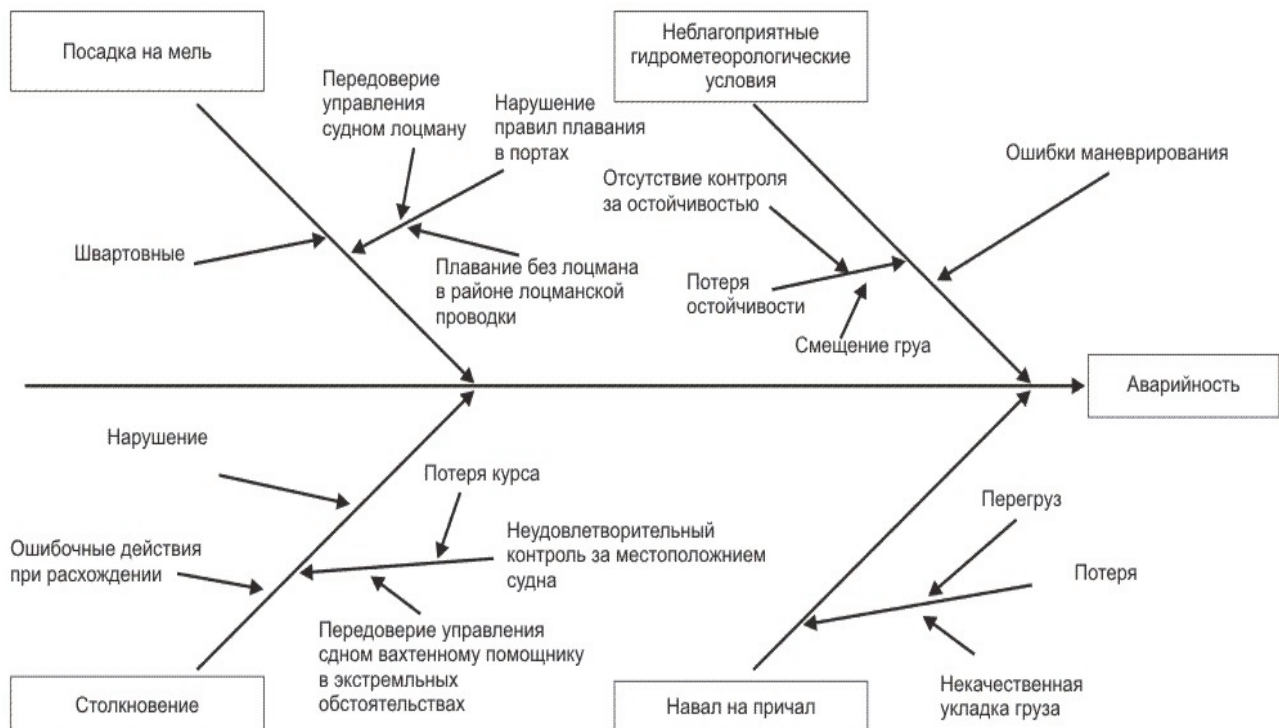


Рис. 4. Причинно-следственная диаграмма развития аварийных ситуаций, произошедших в связи влиянием человеческого фактора
Fig. 4. Causal diagram of the development of emergency situations, occurred due to the influence of the human factor

Результаты и их обсуждение

По статистическим данным Госморречфлота, рыболовные суда составляют почти одну треть (30 %) всех судов, попавших в морские аварии в 2015–2021 гг. Наибольшее количество аварийных случаев было зафиксировано в отношении малых и средних промысловых судов, что обусловлено большим скоплением судов в районах промысла. При плавании в условиях ограниченной видимости малые рыболовные суда становятся наиболее опасными для судов, проходящих данными районами, так как они, будучи малозаметными в таких условиях объектами, зачастую пренебрегают обязанностью подавать звуковые сигналы в соответствии с Правилами предупреждения столкновений судов (МППСС-72) [2]. Возможно, это происходит потому, что подаваемый каждые две минуты звуковой сигнал создает существенный дискомфорт для экипажа. Протоколы расследований серьезных происшествий с тяжелыми последствиями показывают, что организация несения вахты для предотвращения столкновений во время добычи морских биоресурсов на маломерных судах практически отсутствует. К такому состоянию приводит то, что при минимуме экипажа на борту все заняты процессами добычи морепродуктов [4].

Анализ причинно-следственных связей развития аварийной ситуации столкновения был выполнен с использованием диаграммы Исикавы на примере столкновения судна «Амур» с судном НОККО MARU-8 (рис. 5). Как показано на диаграмме, причинами аварийности послужили в совокупности следующие факторы: неблагоприятные условия плавания, нарушение правил безопасного плавания, ненадлежащая квалификация членов экипажа.

Пренебрежение безопасной практикой эксплуатации СРТМ «Амур» привело к повреждению маломерного рыболовного судна НОККУ MARU-8 с утратой мореходных качеств и гибели трех членов экипажа рыболовного судна.

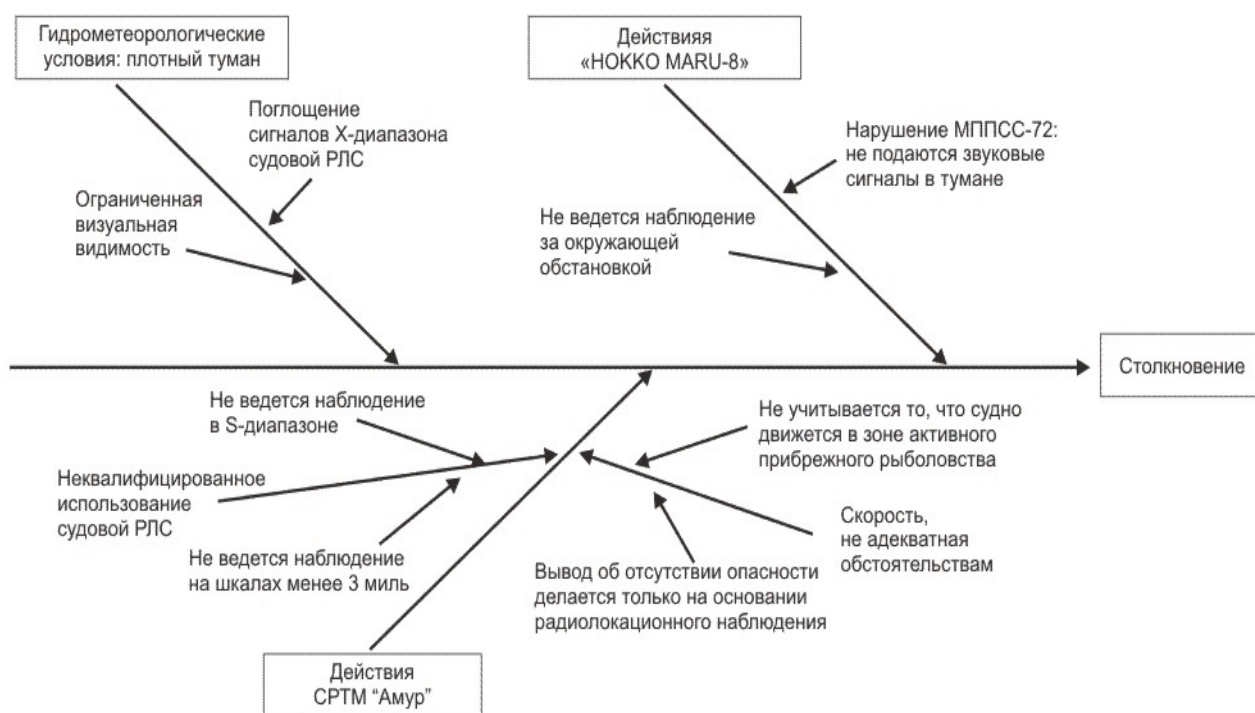


Рис. 5. Причинно-следственная диаграмма развития аварийной ситуации столкновения

Fig. 5. Cause-and-effect diagram of the evolution of a collision emergency

Результаты расследования аварии показали, что вахтенная служба на НОККО MARU-8 полностью отсутствовала. Также в условиях ограниченной видимости на обоих судах не велось должным образом слуховое и радиолокационное наблюдение. Движение СРТМ «Амур» в существовавших условиях осуществлялось с небезопасной скоростью. Таким образом, было установлено, что оба судна нарушили требования МППСС-72 в части осуществления безопасного плавания и ведения промысла в условиях ограниченной видимости.

Заключение

Морская отрасль является отраслью, ориентированной на человека, несмотря на новейшие технологии, которые разработаны для снижения аварийности на море, человеческий фактор по-прежнему остается доминирующей причиной аварий судов. В связи с тревожным количеством серьезных аварий в последние годы, некоторые из которых привели к гибели людей, существует острая необходимость извлечь уроки из этих аварий и улучшить регулирование, контроль и процессы, касающиеся обеспечения безопасности мореплавания. Дальнейший анализ статистических данных по аварийности судов так же, как и анализ отчетов о расследованиях аварийных случаев имеют решающее значение для предотвращения повторения ошибок в будущем.

Список источников

1. Сведения об аварийности с судами на море и ВВП [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://sea.rostransnadzor.gov.ru/funktsii/rassledovanie-transportny-h-proisshes/analiz-isostoyanie-avarijnost>.
2. Маликова, Т.Е. Причинно-следственный анализ аварийности судов, перевозящих паке-тированные грузы / Т.Е. Маликова, Н.М. Аносов, А.И. Филиппова // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. 2015. № 4. С. 86–89. EDN VONRRH.

3. Маликова Т.Е. Аварийность морского флота и анализ внешних факторов, повлекших за собой аварии со смещением грузов // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. 2014. № 1–2. С. 162–165. EDN THBVZV.

4. Ганнесен, В.В. Обеспечение безопасности мореплавания в зонах прибрежного рыболовства у побережья Японии / В.В. Ганнесен, Е.Е. Соловьева // Актуальные проблемы освоения биологических ресурсов Мирового океана : материалы VII Междунар. науч.-техн. конф., Владивосток, 19–20 мая 2022 года. Владивосток: Дальрыбвтуз университет, 2022. С. 252–256. EDN GNHYCD.

5. <https://rostransnazor.gov.ru/documents/1328>.

References

1. Information about accidents with ships at sea and GDP [Electronic resource]. Access mode: <https://sea.rostransnazor.gov.ru/funktsii/rassledovanie-transportny-h-proisshes/analiz-i-sostoyanieavariynost>.

2. Malikova, T.E. Prichinno-sledstvennyy analiz avariynosti sudov, perevozyashchikh paketirovannye грузы / Т.Е. Malikova, N.M. Anosov, A.I. Filippova // Nauchnye problem transporta Sibiri i Dal'nego Vostoka. 2015. № 4. S. 86–89. EDN VONRRH.

3. Malikova T.E. Avariynost' morskogo flota i analiz vneshnikh faktorov, povlekshikh za soboy avarii so smeshcheniem грузов // Nauchnye problem transporta Sibiri i Dal'nego Vostoka. 2014. № 1–2. S. 162–165. EDN THBVZV.

4. Gannesen, V.V. Obespechenie bezopasnosti moreplavaniya v zonakh pribrezhnogo rybolovstva u poberezh'ya Yaponii / V.V. Gannesen, E.E. Solov'eva // Aktual'nye problem osvoeniya biologicheskikh resursov Mirovogo okeana: materialy VII Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii, Vladivostok, 19–20 maya 2022 goda. Vladivostok: Dal'nevostochnyy gosudarstvennyy tekhnicheskyyr ybokhozyaystvennyy universitet, 2022. S. 252–256. EDN GNHYCD.

5. <https://rostransnazor.gov.ru/documents/1328>.

Информация об авторах

В.В. Ганнесен – доцент, доцент кафедры судовождения, SPIN-код: 8351-9640, AuthorID: 812731;

Е.Е. Соловьёва – старший преподаватель кафедры судовождения, SPIN-код: 2621-0656, AuthorID: 1108787.

Information about the authors

V.V. Gannesen – Associate Professor, Associate Professor of the Department of Navigation, SPIN-code: 8351-9640, AuthorID: 812731/

E.E. Soloveva – Senior Lecturer of the Department of Navigation, SPIN-code: 2621-0656, AuthorID: 1108787.

Статья поступила в редакцию 03.10.2022; одобрена после рецензирования 05.10.2022; принята к публикации 07.10.2022.

The article was submitted 03.10.2022; approved after reviewing 05.10.2022; accepted for publication 07.10.2022.

СУДОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ И ИХ ЭЛЕМЕНТЫ
(ГЛАВНЫЕ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ)

Научная статья

УДК 656.085

**Аварийность морских судов и методология поиска причинно-следственных связей,
приведших к аварии**

Виталий Витальевич Ганнесен¹, Екатерина Евгеньевна Соловьёва²

^{1, 2} Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
Владивосток, Россия

¹gannesen.vv@dgtru.ru

²pillers@mail.ru

Аннотация. Морские аварии вызывают огромную озабоченность во всем мире особенно из-за их воздействия на окружающую среду. Рассматриваются основные виды аварий на судне. Приводится мировая статистика потерь судов по их типам и по причинам гибели. Акцентируется внимание на технических аварийных ситуациях. Рассматривается вариант развития причинно-следственных связей, повлекших за собой аварийную ситуацию, на примере возникновения судовых пожаров.

Ключевые слова: аварийный случай, инцидент, безопасность мореплавания, статистический анализ, человеческий фактор

Для цитирования: Ганнесен В.В., Соловьёва Е.Е. Аварийность морских судов и методология поиска причинно-следственных связей, приведших к аварии // Научные труды Дальрыбвтуза. 2022. Т. 61, № 3. С. 70–76.

MARINE POWER PLANTS AND THEIR ELEMENTS (MAIN AND AUXILIARY)

Original article

The accident rate of sea vessels and the methodology for searching for the accident causes

Vitalii V.Gannesen¹, Ekaterina E.Soloveva²

^{1,2} Far Eastern State Technical Fisheries University, Vladivostok, Russia

¹gannesen.vv@dgtru.ru

²pillers@mail.ru

Abstract. Marine accidents are of great concern around the world, especially because of their impact on the environment. The article discusses the main types of accidents on the ship. The world statistics of losses of ships by their types and causes of death are given. Attention is focused on technical emergencies. A variant of the development of cause-and-effect relationships that led to an emergency is considered, using the example of the occurrence of ship fires.

Keywords: emergency, accident, safety of navigation, statistical analysis, human factor

For citation: Gannesen V.V., Soloveva E.E. The accident rate of sea vessels and the methodology for searching for the accident causes. *Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University*. 2022; 61(3): 70–76. (in Russ.).

Введение

Безопасность была важным предметом морских исследований и практики в течение очень долгого времени. Оценка последствий аварий, анализ безопасности, снижение рисков и управление ими являются одними из ключевых тем исследований в области портов и судоходства. Тем не менее морские транспортные операторы и заинтересованные стороны постоянно сталкиваются с различными типами аварий и опасностей.

Судоходство и морские перевозки являются строго регулируемой мировой отраслью. Благодаря повышению осведомленности общественности об экологических и человеческих последствиях морских аварий, а также ужесточению законодательства правительств и международных органов в отношении судов и судоходных операций, безопасная и эффективная эксплуатация судов является приоритетом для всех судостроителей, владельцев и операторов.

Обсуждение

Согласно анализу, проведенному Allianz Global Corporate & Specialty (AGCS) (ведущий глобальный оператор корпоративного страхования и ключевое бизнес-подразделение группы Allianz), за последнее десятилетие произошел значительный прогресс в области безопасности судоходства, поскольку количество аварий судов снизилось одновременно с ростом размера мирового флота [1]. Общие транспортные потери по годам представлены на рис. 1 (суда валовой вместимостью более 100 т).



Рис. 1. Общие транспортные потери судов валовой вместимостью более 100 т
Fig. 1. Total transport losses of ships with a gross tonnage of more than 100 t

Южный Китай, Индокитай, Индонезия и Филиппины являются основными глобальными очагами потерь, на которые приходится каждая пятая потеря, хотя активность снизилась по сравнению с 2020 г. В Персидском заливе наблюдался значительный рост аварийных случаев, он занял второе место, опередив регион Восточного Средиземноморья и Черного моря. Воды Юго-Восточной Азии также являются местом основных потерь за последнее десятилетие, что обусловлено такими факторами, как высокий уровень местной и международной торговли, перегруженные порты, старый флот и экстремальные погодные условия.

По типам судов аварии распределились следующим образом, рис. 2:



Рис. 2. Аварийность в зависимости от типа судна за 2021 г.
 Fig. 2. Accident rate depending on the type of vessel for 2021

Следует отметить, что затопление было основной причиной общих потерь всех типов судов в 2021 г., составляя около 60 %. Пожар/взрыв занял второе место (15 %), а повреждение/отказ оборудования – третье (11 %). Сообщается, что экстремальные погодные условия стали причиной как минимум 13 потерь в 2021 г., в то время как декабрь и май были наиболее частыми месяцами потерь, по семь в каждом соответственно. В совокупности затопление (52 %), авария/посадка на мель (18 %) и пожар/взрыв (13 %) являются тремя основными причинами общих потерь за последнее десятилетие (2011–2020 гг.), на которые приходится более 80 % из 892 зарегистрированных потерь.

В то время как общее количество потерь за последний год снизилось, количество зарегистрированных аварийных случаев (АС) или инцидентов на судах увеличилось. Повреждение/отказ оборудования приходится на каждое третье происшествие в мире. Пожар/взрыв является третьей основной причиной (после столкновения), при этом количество пожаров ежегодно увеличивается почти на 10 %. В табл. 1 приведена статистика аварийных случаев по видам.

Таблица 1

**Статистика аварийных случаев по видам
 (по данным Allianz Global Corporate & Specialty (AGCS))**

Table 1

Accident statistics by type (according to Allianz Global Corporate & Specialty (AGCS))

Тип АС	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Затопление	46	54	70	50	66	48	57	31	31	24	477
Крушение	28	29	21	18	19	20	15	4	4	7	127
Пожар	9	14	15	7	9	12	8	9	9	10	99
Повреждение техники	6	15	1	5	2	10	9	0	0	1	51
Повреждение корпуса	3	7	1	5	2	4	5	1	1	0	29
Столкновение	3	5	2	2	7	2	1	1	1	2	27
Удар о портовую стену	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	3
Пропажа	0	0	0	0	0	2	0	1	1	0	3
Пираты	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Другое	2	2	1	2	0	1	0	1	1	5	14
Итого	98	128	111	90	105	99	95	53	48	49	876

Исходя из данных Европейского агентства по безопасности на море в 2021 г. потеря остойчивости и плавучести была основной причиной общих потерь всех типов судов, составляя около 60 % [2], пожар/взрыв занял второе место (15 %), а повреждение/отказ оборудования – третье (11 %). Большинство (85 %) аварий и инцидентов, подлежащих регистрации, связаны с полным отказом какого-либо механизма или технической системы. В 2021 г. чаще всего происходили инциденты с полным отказом каких-либо механизмов или технических систем на судах рыболовного промысла (55 %) и сухогрузных судах (23 %).

Статистические данные по показателям аварийности, полученные на основании годовых отчетов Госморречфлота за 2015–2021 гг. [3], и технические аварийные случаи с судами под флагом РФ распределились следующим образом, табл. 2, процентное соотношение – рис. 3.

Таблица 2

Показатели аварийности на море по видам (по данным Госморречфлота)

Table 2

Indicators of accidents at sea by type (according to Rosmorrechflot)

Вид АС	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Итого
Повреждение судовых устройств и механизмов	21	23	32	30	20	20	20	1	167
Пожар/взрыв	4	5	7	9	4	4	2	-	35
Потеря остойчивости	5	2	3	6	3	4	3	1	27
Повреждение корпуса	7	1	3	1	4	2	2	4	24



Рис. 3. Распределение технических аварийных ситуаций
Fig. 3. Distribution of technical emergencies

Из приведенных в таблицах и на рис. 3 данных видно, что технические аварийные ситуации занимают основное место среди всех аварий, из которых особого внимания требуют такие аварии, как пожар/взрыв. Следует отметить, что пожары стоят на третьем месте по числу потерь, являясь одной из наиболее частых причин гибели судна и доказывая необходимость особенно внимательно подходить к вопросу обеспечения противопожарных мер.

На сегодняшний день пожары на борту крупных судов остаются главной проблемой судходной отрасли. Катастрофические пожары на крупных судах обычно начинаются с горючих грузов, которые затем быстро распространяются и превосходят возможности пожаротушения экипажем. Размер и конструкция больших судов делают обнаружение пожара и борьбу с ним более сложной задачей, как только экипаж вынужден покинуть судно, аварийное реагирование и спасательные операции становятся более сложными и дорогостоящими, а риск гибели судна возрастает. Анализ безопасности судоходства показывает, что только на борту контейнеровозов за последние пять лет было зарегистрировано более 70 пожаров. Так, в 2019 г. судно Grande America затонуло в результате пожара, а образовавшийся разлив нефти растянулся на 10 км, в 2021 г. пожар на борту контейнеровоза X-Press Pearl привел к его затоплению вместе с грузом, в 2022 г. судно Felicity Ace в результате пожара затонуло вместе с грузом, ущерб составил более 4 миллионов долларов.

Заключение

В качестве примера развития причинно-следственных связей, повлекших за собой аварийную ситуацию, с помощью диаграммы Исикавы описана процедура расследования причин возникновения пожара на судне, рис. 4.

Анализ аварийных ситуаций показывает, что все они в большинстве случаев характеризуются комбинацией каких-то причин, возникающих на различных стадиях развития аварии [4, 5]

Список источников

1. <https://www.agcs.allianz.com/news-and-insights/reports/shipping-safety.html>.
2. Сведения об аварийности с судами на море и ВВП [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://sea.rostransnadzor.gov.ru/funktsii/rassledovanie-transportny-h-proisshes/analiz-isostoyanie-avarijnost>.
3. <https://www.emsa.europa.eu/publications/reports.html>.
4. Маликова, Т.Е. Причинно-следственный анализ аварийности судов, перевозящих паке-тированные грузы / Т.Е. Маликова, Н.М. Аносов, А.И. Филиппова // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. 2015. № 4. С. 86–89. EDN VONRRH.
5. Маликова Т.Е. Аварийность морского флота и анализ внешних факторов, повлекших за собой аварии со смещением грузов // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. 2014. № 1–2. С. 162–165. EDN THBVZV.

References

1. <https://www.agcs.allianz.com/news-and-insights/reports/shipping-safety.html>.
2. Information about accidents with ships at sea and GDP [Electronic resource]. Access mode: <https://sea.rostransnadzor.gov.ru/funktsii/rassledovanie-transportny-h-proisshes/analiz-i-sostoyanieavarijnost>.
3. <https://www.emsa.europa.eu/publications/reports.html>.
4. Malikova T.E. Prichinno-sledstvennyy analiz avariynosti sudov, perevozyashchikh paketirovannye грузы / T.E. Malikova, N.M. Anosov, A.I. Filippova // Nauchnye problem transporta Sibiri i Dal'nego Vostoka. 2015. № 4. S. 86–89. EDN VONRRH.
5. Malikova T.E. Avariynost' morskogoflota i analiz vneshnikh faktorov, povlekshikh za soboy avarii so smeshcheniem грузов / T.E. Malikova // Nauchnye problem transporta Sibiri i Dal'nego Vostoka. 2014. № 1–2. S. 162–165. EDN THBVZV

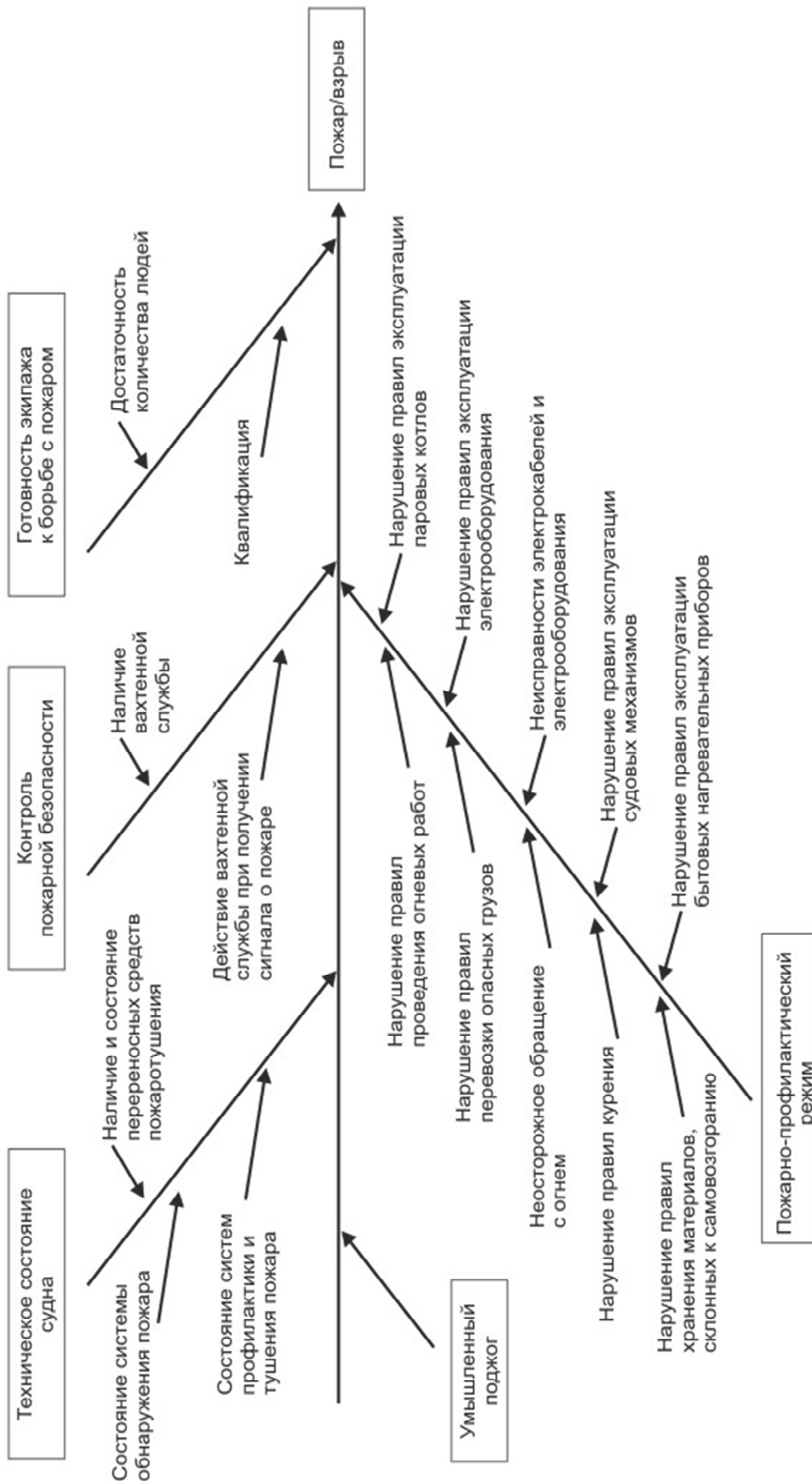


Рис. 4. Причинно-следственная диаграмма развития аварийной ситуации возникновения пожара/взрыва
 Fig. 4. Cause-and-effect diagram of the development of an emergency situation of fire/explosion

Информация об авторах

В.В. Ганнесен – доцент, доцент кафедры судовождения, SPIN-код: 8351-9640, AuthorID: 812731;

Е.Е. Соловьёва – старший преподаватель кафедры судовождения, SPIN-код: 2621-0656, AuthorID: 1108787.

Information about the authors

V.V. Gannesen – Associate Professor, Associate Professor of the Department of Navigation, SPIN-code: 8351-9640, AuthorID: 812731;

E.E. Soloveva – Senior Lecturer of the Department of Navigation, SPIN-code: 2621-0656, AuthorID: 1108787.

Статья поступила в редакцию 03.10.2022; одобрена после рецензирования 05.10.2022; принята к публикации 07.10.2022.

The article was submitted 03.10.2022; approved after reviewing 05.10.2022; accepted for publication 07.10.2022.

СУДОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ И ИХ ЭЛЕМЕНТЫ
(ГЛАВНЫЕ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ)

Научная статья

УДК 629.12

Риски получения повреждений корпуса судна при ведении промысла во льдах

Виталий Витальевич Ганнесен¹, Екатерина Евгеньевна Соловьёва²

^{1, 2} Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, Владивосток, Россия

¹gannesen.vv@dgtru.ru

²pillers@mail.ru

Аннотация. Зимняя навигация – сложная, но обычная операция в морях Дальневосточного региона. Ведение промысла в замерзающих морях имеет специфическую проблему – риск получения повреждения корпуса от столкновения со льдом. При проектировании судов, плавающих в районах, покрытых льдом, ледовые нагрузки, вызванные взаимодействием судна со льдом, представляют собой доминирующий источник нагрузки. Спецификой промысловых судов является то, что в процессе эксплуатации может меняться посадка. И если изменение дифферента предусмотрено в требованиях установки верхней и нижней границ ледового пояса, то наличие крена не учитывается. В работе приводится характеристика ледового плавания, реакция корпуса судна на ледовые нагрузки, а также риск получения повреждений корпуса выше ледового пояса при осуществлении промысла. Приведены формулы, учитывающие величину угла динамического крена на циркуляции в зависимости от состояния остойчивости, радиуса кривизны траектории и скорости движения, позволяющие оценить риск получения повреждений корпуса выше «ледового пояса».

Ключевые слова: ледовая прочность, лед, ледовый класс, ледовая нагрузка, проблема ледового плавания прочность корпуса судна, промысловое судно, безопасность мореплавания

Для цитирования: Ганнесен В.В., Соловьёва Е.Е. Риски получения повреждений корпуса судна при ведении промысла во льдах // Научные труды Дальрыбвтуза. 2022. Т. 61, № 3. С. 77–86.

MARINE POWER PLANTS AND THEIR ELEMENTS (MAIN AND AUXILIARY)

Original article

Features of operation of fishing vessels in ice conditions

Vitalii V. Gannesen¹, Ekaterina E. Soloveva²

^{1, 2} Far Eastern State Technical Fisheries University, Vladivostok, Russia

¹gannesen.vv@dgtru.ru

²pillers@mail.ru

Abstract. Winter navigation is a complex but common operation in the seas of the Far Eastern region. Fishing in freezing seas has a specific problem – the risk of damage to the hull from a collision with ice. When designing vessels sailing in areas covered with ice, ice loads caused by the interaction of the vessel with ice represent the dominant source of load. The specifics of fishing vessels is that the landing may change during operation. And if the trim change is provided for in the requirements for the installation of the upper and lower boundaries of the ice belt, then the presence of a roll is not assumed. The paper describes the characteristics of ice navigation, the reaction of the vessel's hull to ice loads, as well as the risk of damage to the hull above the ice belt during fishing. Formulas are given that take into account the magnitude of the dynamic roll angle on the circulation, depending on the state of stability, the radius of curvature of the trajectory and the speed of movement.

Keywords: ice strength, ice, ice class, ice load, problem of ice navigation ship hull strength, fishing vessel, navigation safety

For citation: Gannesen V.V., Soloveva E.E. Features of operation of fishing vessels in ice conditions. *Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University*. 2022; 61(3): 77–86. (in Russ.).

Введение

Суда при осуществлении плавания во льдах могут испытывать серьезные нагрузки от ударов льда. Эта проблема ставит огромные задачи перед навигацией, безопасной эксплуатацией, управлением и остойчивостью судов. В зависимости от толщины и состояния льда эти взаимодействия могут привести к повторяющимся ударам, которые в конечном итоге приведут к нарушению прочности и могут в тяжелых условиях вызвать опрокидывание судна. Рассмотрены проблемы ледовой прочности корпусов морских судов (С.В. Каленчук и В.А. Кулеш) [1], изучены ледовые качества рыбопромысловых судов (В.А. Кулеш) [2], рассмотрен анализ прочности корпуса судна при ударе об лед (В.Г. Бугаев)[3], безопасность эксплуатации судов во льдах (В.А. Кулеш, С.А. Огай и др.) [4].

Процесс взаимодействия судна со льдом из-за его динамической, нелинейной, трехмерной и многофизической природы очень сложен. На процесс взаимодействия судна со льдом влияют геометрия и скорость судна, размеры и процесс разрушения ледового элемента, а также окружающая вода. Детальное моделирование задействованных процессов требует значительных вычислительных ресурсов и еще более усложняется тем фактом, что механика процесса взаимодействия еще не полностью понята. В основном реакция корпуса на нагрузку представляет собой изменяющиеся во времени силы реакции, возникающие из-за различных процессов приложения нагрузки. Эти нагрузки:

- силы от дробления/ломки льда;
- силы из-за разрушения при изгибе или разрушении при изгибе (выпучивание);
- силы погружения льда;
- силы трения из-за скольжения, задевания или разрушения фрагментов льда вдоль корпуса (силы скольжения);
- гидродинамические силы открытой воды.

Плавание в ледовых условиях – это очень сложный вид плавания, который требует от каждого судоводителя не только знаний мореходных качеств судна, его маневренных элементов [5, 6], но и понимания процессов формирования и структуры ледовых полей, а также особенностей плавания и маневрирования во льдах, где имеется высокий риск повреждения корпуса судна.

Объекты и методы исследований

Объектом исследования данной работы являются риски получения повреждений корпуса судна при ведении промысла во льдах.

Предметом исследования являются конструктивные требования к морским судам ледового класса, а также особенности эксплуатации судов при ведении промысловых операций.

Методы исследования, применимые в работе:

- 1) анализ нормативных требований к конструкции ледовых усилений рыбопромысловых судов;
- 2) анализ практики маневрирования судов при ведении промысла.

Результаты и их обсуждение

Ледовое плавание можно считать маневрированием между плавучими опасностями, поэтому необдуманый маневр, излишняя скорость, торопливость могут привести к аварии судна.

Различают два основных вида движения во льдах – в битом льду и в сплошном. При этом в битом льду могут осуществлять плавание все суда в зависимости от разрешенного им района и условий плавания, а в сплошном ледяном поле – ледоколы и суда класса arc5-arc9 [7].

Под проходимостью льда следует понимать возможность самостоятельного плавания во льдах того или иного судна. Отсюда и проходимость одного и того же льда будет различной для судов различного типа. Проходимость льдов определяют, с одной стороны, разреженностью или сплоченностью их, т.е. количеством льда, выражающимся в баллах, а с другой стороны – физическим состоянием льдов в данное время. Судоводитель должен помнить, что он видит над водой от 1/4 до 1/8 полной толщины льда и чем плотнее лед, тем меньшая его часть остается над водой. Крепость льда зависит от температуры воздуха и воды, а также от количества примесей в воде и ее солености. Осенний лед обладает большой прочностью, по сравнению с весенним льдом, что следует учитывать при плавании судов. Проходимость льда облегчается тем, что крепость льда уменьшается от растрескивания. Чем слабее лед, тем он более вязкий. Вязкий лед уменьшает скорость продвижения, но дает возможность проходить судам со слабыми корпусами. Снежный покров на льду значительно затрудняет продвижение судна, потому что снег, приликая к корпусу, увеличивает трение. Под влиянием ветра или течения, или при совместном их действии происходит передвижение льда.

В подвижном льду существует опасность сжатия судна. Это бывает, когда дрейфующий лед на своем пути встречает какое-либо препятствие: острова, банки, кромку подвижного льда и т.д. – и прижимает к ним суда или если ветер и приливоотливные течения действуют противоположно друг другу. Во время прилива наблюдается сжатие льда, во время отлива – разрежение [5, 6]. Во время сжатия судно может получить значительные повреждения наружной обшивки корпуса с прогибом шпангоутов, а также руля и винта. Во избежание сильного сжатия судна в дрейфующих льдах следует по возможности располагать корпус судна штевнями против сил сжатия.

Еще одна опасность ледового плавания – обломки тяжелого старого льда. В сплоченном мелкобитом льду их сложно заметить, и они могут стать причиной тяжелых повреждений судна, особенно если оно идет с большой скоростью.

Маневрирование во льдах несёт повышенную опасность как для корпуса судна, так и для винторулевой группы. Меры, которые необходимо предпринимать при подготовке судна к плаванию во льдах, а также руководства к действиям во время ледового плавания изложены в Наставлении по организации штурманской службы на морских судах флота рыбной промышленности СССР (НШСР-86) [8].

Согласно правилам эксплуатации судно имеет право плавания только в таких ледовых условиях, на которые рассчитан его корпус. Информация об этом указывается в классе, присвоенном надзорным органом, занимающимся классификацией судов (для судов, плавающих под флагом Российской Федерации, таким органом является Российский морской регистр судоходства (РС). Защита корпуса от ледовых повреждений обеспечивается ледовыми уси-

лениями, которые образуют так называемый «ледовый пояс», охватывающий зону переменных ватерлиний от состояния «в балласте» до состояния «в полном грузу».

Но так как лёд имеет толщину, то и его воздействие на корпус может происходить как выше самой высокой из возможных грузовых ватерлиний (ледовой ГВЛ), так и ниже самой нижней из возможных балластных ватерлиний (БВЛ). Требования к ледовым усилениям установлены Правилами классификации и постройки морских судов Морского регистра судоходства (далее – Правила РС) (рис. 1, табл. 1) [7, 9].

В связи с этим верхняя граница ледовых усиления должна проходить выше ледовой ГВЛ на расстоянии не менее h_1 , а нижняя – ниже БВЛ на расстоянии не менее h_3 (табл. 1).

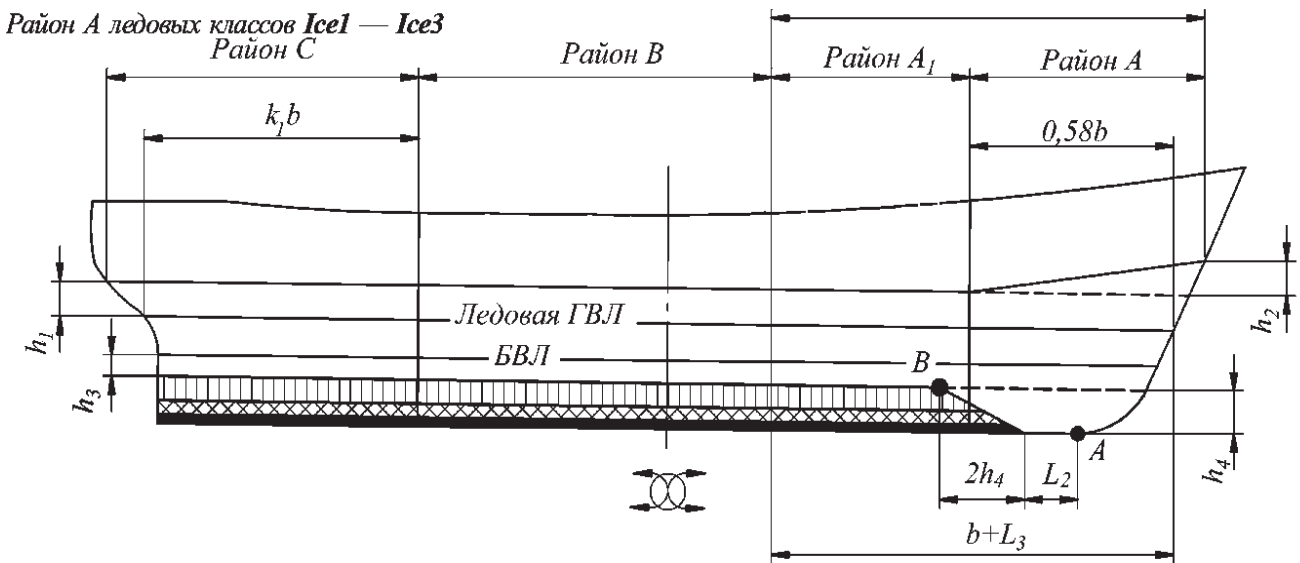


Рис. 1. Районы ледовых усиления судов ледовых классов
Fig. 1. Areas of ice reinforcement for ice-class ships

Таблица 1

Вертикальный отступ границ ледовых усиления от ледовых ГВЛ и БВЛ судов ледовых классов

Table 1

Vertical indentation of the boundaries of ice reinforcements from ice load WL and ballast WLships of ice classes

Параметр		Ледовый класс		
		Ice3	Ice2	Ice1
$h_1, \text{ м}$	при $B \leq 20 \text{ м}$	0,50		
	при $B > 20 \text{ м}$	$0,5B + 8$ 36		0,50
$h_2, \text{ м}$		0,2		
$h_3, \text{ м}$		$1,10h_1$	h_1	

Следует обратить внимание, что возможность разрушения ледовых усиления зависит от трёх ограничивающих факторов – толщины льда, сплоченности льда и скорости хода судна. В Правилах РС 2021г условия самостоятельного плавания устанавливаются следующим образом (табл. 2) [7].

Таблица 2

**Условия самостоятельного плавания во льдах судов ледового класса
по Правилам РС 2021 г. издания**

Table 2

**Conditions for independent navigation in ice of ice-class ships according to the RS Rules,
2021 edition**

Ледовый класс	Описание
Ice1	Эпизодическое плавание в мелкобитом разреженном льду неарктических морей толщиной до 0,4 м
Ice2	Регулярное плавание в мелкобитом разреженном льду неарктических морей толщиной до 0,5 м
Ice3	Регулярное плавание в мелкобитом разреженном льду неарктических морей толщиной до 0,7 м

Однако в Правилах предыдущих лет издания устанавливались несколько иные нормы (табл. 3).

Таблица 3

**Условия самостоятельного плавания во льдах судов ледового класса
по Правилам РС предыдущих изданий**

Table 3

**Conditions for independent navigation in ice of ice-class ships according
to the RS Rules of previous editions**

Категория судна	Допустимая толщина льда (при самостоятельном плавании в мелкобитом разреженном льду со скоростью 5 уз), м	Характер эксплуатации
Ice1	0,40	Эпизодически
Ice2	0,55	Регулярно
Ice3	0,70	Регулярно

Предполагается, что если не превышать установленные ограничения, то повреждений корпуса можно избежать. Однако следует обратить внимание не только на толщину и сплоченность льда, что всегда определяется визуально «на глаз», а значит, оценка может быть занижена, но и на предельно допустимую скорость 5 уз, которая нередко превышает [10, 11].

Поскольку промысловые суда не выходят на промысел в состоянии «в балласте», то и риск ударного воздействия льдин ниже ледового пояса маловероятен. В дальнейшем будет рассматриваться только риск получения ледовых повреждений выше ледового пояса.

Спецификой промысловых судов является то, что в процессе эксплуатации может меняться посадка. И если изменение дифферента предусмотрено в требованиях установки верхней и нижней границ ледового пояса, то наличие крена не учитывается. Но промысловые суда, работающие с большими массами улова при выборке на борт, обработке, складировании, могут приобретать значительный крен. Возникает вопрос – достаточно ли высоко простираются ледовые усиления, чтобы не допустить удара льдин выше ледового пояса?

Высота борта, ушедшего в воду при наличии крена (рис. 2), определится выражением

$$\Delta h = (B/2)tg\Theta, \tag{1}$$

где Δh – приращение высоты борта, ушедшего в воду (рис. 2), м; B – ширина корпуса судна, м; θ – угол крена, град.

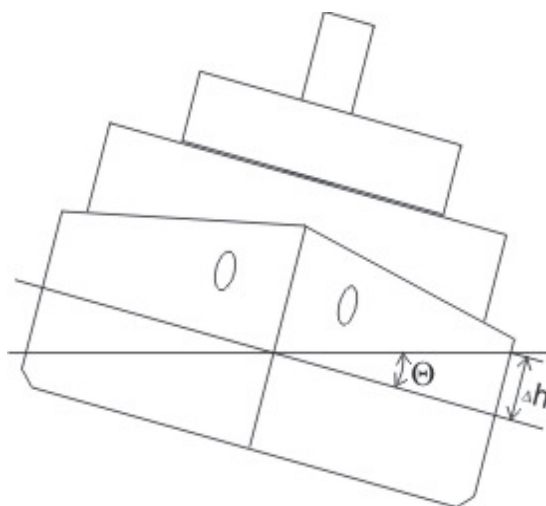


Рис. 2. Изменение положения действующей ватерлинии при наличии крена
 Fig. 2. Changing the position of the current waterline in the presence of a roll

Если выражение (1) применить к средне- и крупнотоннажным рыбодобывающим судам, работающим в ледовых условиях, то получается, что при плавании «в полном грузу» им практически нельзя допускать крена. Так, например, суда типа БАТМ в полном грузу (имеющие ширину корпуса 16 м и, соответственно, возвышение верхней кромки ледового пояса над ледовой ГВЛ 0,5 м (табл. 1) утопят верхнюю кромку ледового пояса уже при крене $\theta=4$ град (табл. 4).

Таблица 4

Приращение высоты борта, ушедшего в воду в зависимости от угла крена

Table 4

Increment of the height of the side that went into the water depending on the angle of heel

		Приращение высоты борта, ушедшего в воду, м						
Ширина корпуса, м		14	15	16	17	18	19	20
Угол крена, град								
1		0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17	0,17
2		0,24	0,26	0,28	0,30	0,31	0,33	0,35
3		0,37	0,39	0,42	0,45	0,47	0,50	0,52
4		0,49	0,52	0,56	0,59	0,63	0,66	0,70
5		0,61	0,66	0,70	0,74	0,79	0,83	0,87
6		0,74	0,79	0,84	0,89	0,95	1,00	1,05
7		0,86	0,92	0,98	1,04	1,11	1,17	1,23
8		0,98	1,05	1,12	1,19	1,26	1,34	1,41
9		1,11	1,19	1,27	1,35	1,43	1,50	1,58
10		1,23	1,32	1,41	1,50	1,59	1,68	1,76

Следует учитывать, что отсутствие статического крена не снимает опасность получения повреждений выше ледовых усилений, так как у судна может наблюдаться крен динамический, который может быть вызван бортовой качкой либо маневрированием судна, и при загрузке по ледовую ГВЛ может происходить контакт льда с корпусом выше ледового пояса.

Капитаны траулеров, попав на большое скопление рыбы, часто применяют маневр ухода на циркуляцию, чтобы трал с уловом, располагающийся в центре промысловой палубы, с помощью центробежной силы и крена переместить к борту и освободить палубу для постановки второго трала.

Приблизительные значения динамического угла крена на циркуляции можно получить исходя из допущения равенства моментов кренящего $M_{кр}$ и восстанавливающего $M_{в}$.

Восстанавливающий момент зависит от состояния остойчивости и угла крена:

$$M_{в} = \Delta h_0 \sin \theta, \quad (2)$$

где Δ – водоизмещение судна, кг; h_0 – начальная метацентрическая высота, м; θ – угол крена, град.

Кренящий момент на циркуляции зависит от состояния остойчивости, радиуса кривизны траектории и скорости движения [12]:

$$M_{кр} = 0,233 * \frac{\Delta}{g} * \frac{V^2}{2R_{\psi}} \left(Z_g - \frac{d}{2} \right), \quad (3)$$

где V – скорость, м/с. Поскольку скорость судна при входе в поворот падает в зависимости от угла кладки руля и продолжительности поворота (величины изменения курса), то точные данные следует выбирать из таблицы маневренных элементов судна. Если приемлем приближенный расчет, то величину скорости для выражения (3) можно принять как 0,8 от скорости входа в поворот; R_{ψ} – радиус кривизны траектории, м. Точные параметры этой величины неизвестны. Единственным источником данной информации является график циркуляции в таблице маневренных элементов судна, откуда она может быть получена с определенной погрешностью, влияющей на результат несущественно; Z_g – возвышение центра тяжести судна над основной плоскостью, м. Информация получается одним из методов контроля остойчивости; d – средняя осадка судна, м; g – ускорение свободного падения, 9,81 м/с².

Приравняв и преобразовав выражения (2) и (3), можно определить приближенную величину угла динамического крена на циркуляции в зависимости от состояния остойчивости, радиуса кривизны траектории и скорости движения:

$$\Theta \approx \arcsin \left(\frac{0,233 V_{\psi}^2 (2Z_m - 2h_0 - d)}{h_0 * g * 2R_{\psi}} \right), \quad (4)$$

где $Z_m = Z_g - h_0$ – возвышение метацентра, м. Выбирается из кривых элементов теоретического чертежа.

Из выражения (4) видно, что угол динамического крена на циркуляции в большей степени зависит от скорости судна.

Рассмотрим абстрактное рыболовное судно с параметрами: $Z_m = 6$ м; $d = 5$ м; $R_{\psi} = 200$ м (с кладкой руля «на борт»); $h_0 = 0,5$ м. При соблюдении требований к минимальной остойчивости угол динамического крена остается в приемлемом диапазоне (рис. 3).

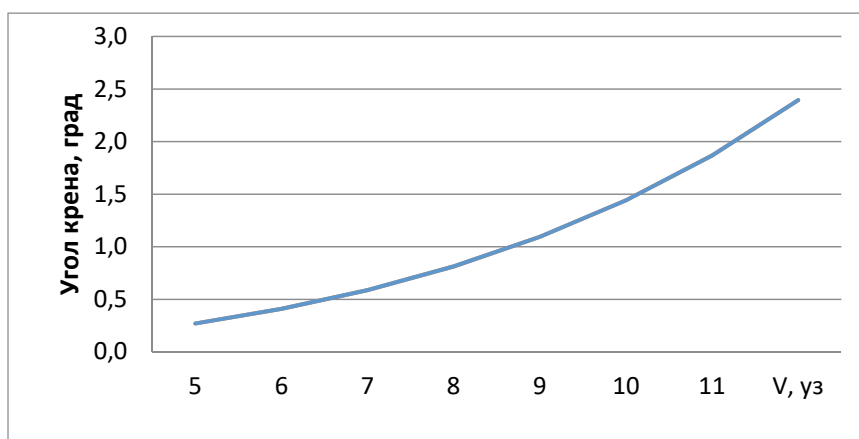


Рис. 3. Зависимость угла крена абстрактного судна от скорости
 Fig. 3. Dependence of the angle of roll of an abstract ship on speed

Однако если обратиться к периодически имеющим место случаям, когда в погоне за прибылью на борт принимается значительно больше рыбы, чем допустимо, то делается это в ущерб остойчивости путем максимального избавления от судовых запасов (топливо, вода), расположенных в междудонном пространстве. А сочетание пониженной остойчивости и движения с повышенной скоростью при маневрировании приводит к большим углам крена (рис. 4). Наличие морского волнения обеспечивает дополнительный прирост динамического крена.

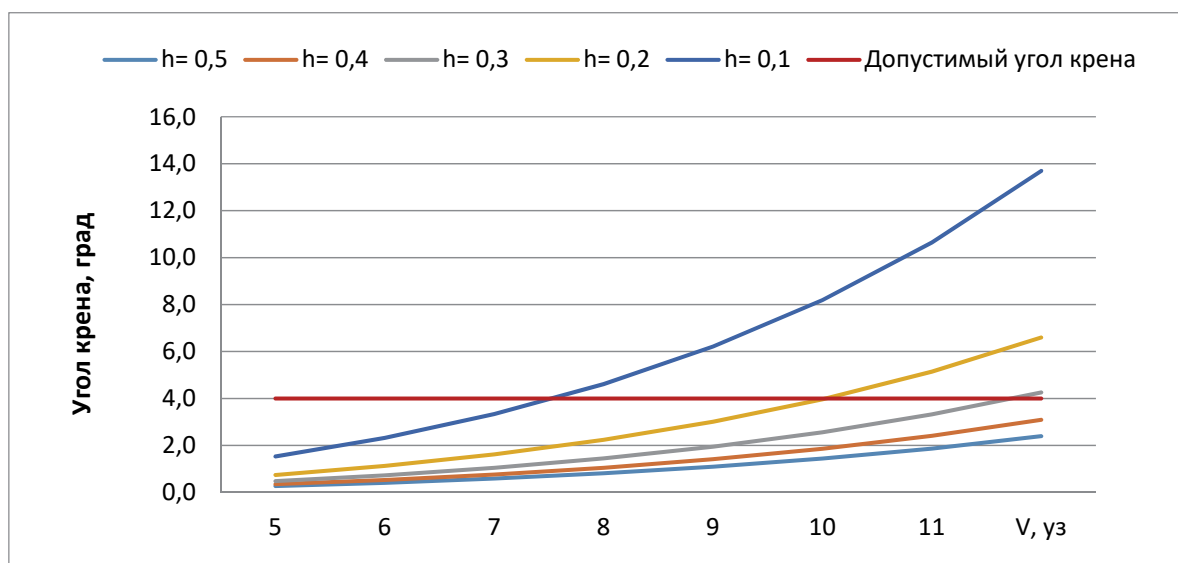


Рис. 4. Зависимость угла крена абстрактного судна от скорости и начальной метацентрической высоты
 Fig. 4. Dependence of the angle of roll of an abstract ship on the speed and initial metacentric height

Таким образом, рыбодобывающие суда, находясь в состоянии, близком к полной загрузке, подвергаются повышенному риску получения ледовых повреждений, так как условия эксплуатации не могут исключить появление статического или динамического крена, а повышение верхней кромки ледовых усилений над ледовой ГВЛ обеспечивает защиту лишь при самых малых углах крена.

Заключение

Анализ требований к конструкции ледовых усилений показал, что плавание во льдах промысловых судов в состоянии полной загрузки должно проводиться при отсутствии крена. Все перемещения судна по криволинейным траекториям в таком состоянии должны проводиться на предельно малой скорости для предотвращения появления динамического крена, приводящего к возникновению ледовых нагрузок на корпус выше ледовых усилений. Капитаны промысловых судов и их вахтенные помощники должны осознавать риски получения повреждений выше ледовых усилений корпуса при плавании «в полном грузу».

Список источников

1. Бугаев В.Г., Славгородская Д.В. Анализ прочности корпуса судна при ударе об лед // Морские интеллектуальные технологии. 2018. Т. 1, № 3(41). С. 62–67.
2. Каленчук С.В., Кулеш В.А. Ледовая прочность корпусов морских судов: этапы развития, проблемы и перспектив // Вестник Дальневосточного государственного технического университета. 2010. № 3(5).
3. Кулеш В.А. Анализ ледовых качеств рыбопромысловых судов // Морские интеллектуальные технологии. 2013. № 1 (спецвыпуск). С. 62–66.
4. Кулеш В.А., Огай С.А., Войлошников М.В. Безопасность и эффективность эксплуатации судов во льдах // Морские интеллектуальные технологии. 2013. № 1 (спецвыпуск). С. 11–20.
5. Аносов А.В. Управление судами. М.: Морской транспорт, 1961. 276 с.
6. Ионов Б.П., Грамузов Е.М. Ледовая ходкость судов. СПб.: Судостроение, 2001. 512 с.
7. Правила классификации и постройки морских судов. Часть I. Классификация. СПб.: Морской регистр судоходства, 2021. 116 с.
8. Наставление по организации штурманской службы на морских судах флота рыбной промышленности СССР. Л.: Транспорт, 1987. 135 с.
9. Правила классификации и постройки морских судов. Часть II. Корпус. СПб.: Морской регистр судоходства, 2021. 319 с.
10. Попов Ю.Н., Фадеев О.В., Хейсин Д.Е., Яковлев А.Я. Прочность судов, плавающих во льдах. Л.: Судостроение, 1967. 224 с.
11. Каптелян В.И., Позняк И.И., Рывлин А.Я. Сопротивление льда движению судна. Л.: Судостроение, 1968. 238 с.
12. Аксютин Л.Р. Контроль остойчивости морских судов. Одесса: Феникс, 2003. 178 с.

References

1. Bugaev V.G., Slavgorodskaya D.V. Analiz prochnosti korpusa sudna pri udare ob led [The ship hull resistance to the dynamic ice body impact] // Morskie intellektual'nye tekhnologii. 2018. T. 1, № 3(41). S. 62–67.
2. Kalenchuk S.V., Kulesh V.A. Ledovaya prochnost' korpusov morskikh sudov: etapy razvitiya, problemy i perspektivy [Ice strength of sea-going ship hulls: stages of development, problems, perspectives] // Vestnik Dal'nevostochnogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta, 2010. № 3(5).
3. Kulesh V.A. Analiz ledovykh kachestv rybopromyslovykh sudov [The analysis of the ice-going properties of fishing vessels] // Morskie intellektual'nye tekhnologii. 2013. № 1 (spetsvypusk). S. 62–66.
4. Kulesh V.A., Ogay S.A., Voyloshnikov M.V. Bezopasnost' i effektivnost' ekspluatatsii sudov vo l'dakh [The safety and the effectiveness of ships navigation in ice] // Morskie intellektual'nye tekhnologii. 2013. № 1 (spetsvypusk). S. 11–20.

5. Anosov A.V. Upravlenie sudami [Ship management]. M.: Sea transport. 1961. 276 p.
6. Ionov B.P., Gramuzov E.M. Ledovaja hodkost' sudov. Saint-Petersburg: Sudostroenie, 2001. 512 p.
7. Pravila klassifikatsii i postroyki morskikh sudov. Chast' I. Klassifikatsiya [Rules of classification and construction of ships]. Т. 1. SPb.: Morskoy Registr Sudokhodstva, 2021. 116 s.
8. Guidance on the organization of navigational service on sea vessels of the USSR fishing fleet. L.: Transport, 1987. 135 p.
9. Pravila klassifikatsii i postroyki morskikh sudov. Chast' II. Korpus [Rules of classification and construction of ships]. №2. SPb.: Morskoy Registr Sudokhodstva, 2021. 319 s.
10. Yu.N. Popov, O.V. Fadeev, D.E. Kheysin, A.Ya. Yakovlev. Prochnost' sudov, plavayushchikh vo l'dakh [The strength of ships floating in ice]. L.: Sudostroenie, 1967. 224 s.
11. Kashtelyan V.I., Poznyak I.I., Ryvlin A.Ya. Soprotivlenie l'da dvizheniyu sudna [Ice resistance to vessel movement]. L.: Sudostroenie, 1968. 238 s.
12. Aksyutin L.R. Kontrol' ostroychivosti morskikh sudov [Control of stability of sea vessels]. Odessa: Feniks, 2003. 178 s.

Информация об авторах

В.В.Ганнесен – доцент, доцент кафедры судовождения, SPIN-код: 8351-9640, AuthorID: 812731;

Е.Е. Соловьёва – старший преподаватель кафедры судовождения, SPIN-код: 2621-0656, AuthorID: 1108787.

Information about the authors

V.V. Gannesen – Associate Professor, Associate Professor of the Department of Navigation, SPIN-code: 8351-9640, AuthorID: 812731;

E.E. Soloveva – Senior Lecturer of the Department of Navigation, SPIN-code: 2621-0656, AuthorID: 1108787.

Статья поступила в редакцию 03.10.2022; одобрена после рецензирования 05.10.2022; принята к публикации 07.10.2022.

The article was submitted 03.10.2022; approved after reviewing 05.10.2022; accepted for publication 07.10.2022.

СУДОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ И ИХ ЭЛЕМЕНТЫ
(ГЛАВНЫЕ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ)

Научная статья

УДК 378

Применение междисциплинарного подхода в образовательной и научно-исследовательской деятельности на примере преподавания инженерных дисциплин курсантам судомеханических специальностей

Елена Владимировна Григорьева¹, Сергей Владимирович Куличков², Виктория Александровна Плоткина³

^{1,2,3}Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, Владивосток, Россия

¹gev132010@mail.ru

²seku230@yandex.ru

³vika_plotkina@mail.ru

Аннотация. Показаны направления исследований подготовки курсантов судомеханических специальностей с применением междисциплинарного подхода в рамках госбюджетной темы. Приводятся некоторые результаты образовательной и научно-исследовательской деятельности студентов и курсантов. Ставится вопрос о необходимости внедрения в образовательный процесс цифровых двойников.

Ключевые слова: междисциплинарный подход, судовые энергетические установки, инженерные дисциплины

Для цитирования: Григорьева Е.В., Куличков С.В., Плоткина В.А. Применение междисциплинарного подхода в образовательной и научно-исследовательской деятельности на примере преподавания инженерных дисциплин курсантам судомеханических специальностей // Научные труды Дальрыбвтуза. 2022. Т. 61, № 3. С. 87–92.

MARINE POWER PLANTS AND THEIR ELEMENTS (MAIN AND AUXILIARY)

Original article

Application of an interdisciplinary approach in educational and research activities on the example of teaching engineering disciplines to cadets of ship-mechanical specialties

Elena V. Grigoryeva¹, Sergei V. Kulichkov², Victoria A. Plotkina³

^{1,2,3} Far Eastern State Technical Fisheries University, Vladivostok, Russia

¹gev132010@mail.ru

²seku230@yandex.ru

³vika_plotkina@mail.ru

Abstract. The paper shows the directions of research in the training of cadets of ship-mechanical specialties using an interdisciplinary approach within the framework of the state budget theme. Some results of educational and research activities of students and cadets are given. The question is raised about the need to introduce digital doubles into the educational process.

Keywords: interdisciplinary approach, marine power plants, engineering disciplines

For citation: Grigorieva E.V., Kulichkov S.V., Plotkina V.A. Application of an interdisciplinary approach in educational and research activities on the example of teaching engineering disciplines to cadets of ship-mechanical specialties // *Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University*. 2022; 61(3): 87–92. (in Russ.).

Современный рынок труда требует от выпускников вузов обладания высокими личностными и профессиональными качествами. Общество предъявляет новые требования к современным специалистам, которые могут самостоятельно принимать ответственные решения, оперативно и творчески решать задачи по освоению новой техники с использованием графической информации, способов и методов ее обработки.

Требования к подготовке курсантов специальности «Эксплуатация судовых энергетических установок» обусловлены, с одной стороны, компетенциями ФГОС, с другой стороны, положениями Международной конвенции «О подготовке и дипломировании моряков и несении вахты» (ПДНВ) [1, 2].

Преемственность обучения инженерным дисциплинам курсантов судомеханических специальностей формируется на основе многолетних изысканий в современном образовательном пространстве. В результате при подготовке специалистов морских специальностей возникает необходимость в комплексной последовательности изучения таких научно-образовательных направлений, как: инженерная и компьютерная графика; начертательная геометрия; теоретическая механика; материаловедение и технология конструкционных материалов; сопротивление материалов; теория механизмов и машин, детали машин. При этом у курсантов нет ясного представления о взаимосвязи указанных выше направлений, что затрудняет формирование цельности получаемых ими знаний, умений и навыков и снижает интерес к будущей профессии.

Профессионально ориентированная информационная среда дисциплин, созданная современными средствами информационных технологий, рассматривается как составная часть среды обучения и формируется как интегрированная система, компоненты которой соответствуют учебной, внеучебной, научно-исследовательской деятельности, контролю и оценке результатов обучения.

На кафедре «Инженерные дисциплины» Дальневосточного государственного технического рыбохозяйственного университета в рамках госбюджетной тематики (ГБТ) № 732/2019-2023 «Междисциплинарная парадигма как основа формирования компетенций обучающихся морским специальностям в соответствии с требованиями ПДНВ» творческим коллективом из числа профессорско-преподавательского состава проводятся исследования по разработке методов повышения эффективности формирования компетенций курсантов судомеханических специальностей с применением междисциплинарного подхода.

Основными направлениями инновационных преобразований при обучении курсантов морских специальностей общеинженерным дисциплинам являются:

- формирование междисциплинарной парадигмы в соответствии с компетенциями согласно конвенции ПДНВ;
- обновление содержания образования;
- изменение и разработка новых технологий обучения и воспитания;

- проектирование новых моделей образовательного процесса;
- обеспечение успешности обучения и воспитания, мониторинг образовательного процесса и развития обучающихся;
- разработка учебников и учебных пособий нового поколения и др.

Для эффективности образовательного процесса необходимо сочетание традиционных и инновационных методик обучения.

С учетом госбюджетной темы и анализа научной литературы выделена конкретно-научная методология и эмпирический метод исследования по Юдину Э.Г. [3]. Эмпирический метод исследования позволяет выполнять эксперименты в естественной среде учебного процесса при формировании общих, профессиональных и графических компетенций с учетом междисциплинарной преемственности инженерных дисциплин.

При изучении дисциплин инженерного цикла и тем, закрепленных в рабочих программах, в ходе работы над ГБТ № 732/2019-2023 в качестве базового элемента был взят вал как деталь, рассматриваемая во всех инженерных дисциплинах (рис. 1)

Кроме того, предполагается наличие навыков и умений, полученных курсантами в результате прохождения таких дисциплин, как «Материаловедение», «Технология конструкционных материалов», «Стандартизация и контроль качества» (рис. 2).

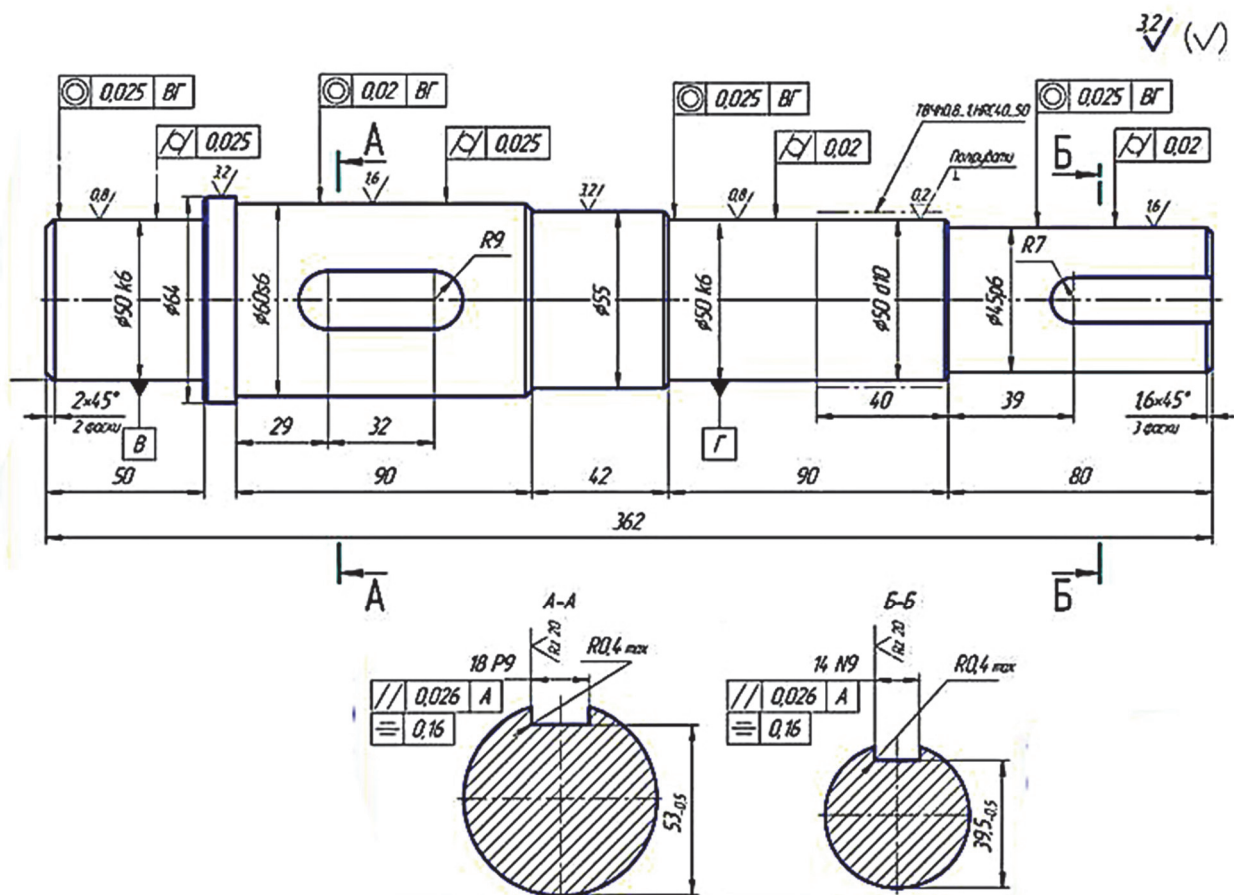


Рис. 1. Вал как базовый элемент работы курсантов специальности «Эксплуатация судовых энергетических установок» на кафедре «Инженерные дисциплины»

Fig. 1. Shaft as a basic element of the work of cadets of the specialty «Operation of marine power plants» at the Department of Engineering Disciplines

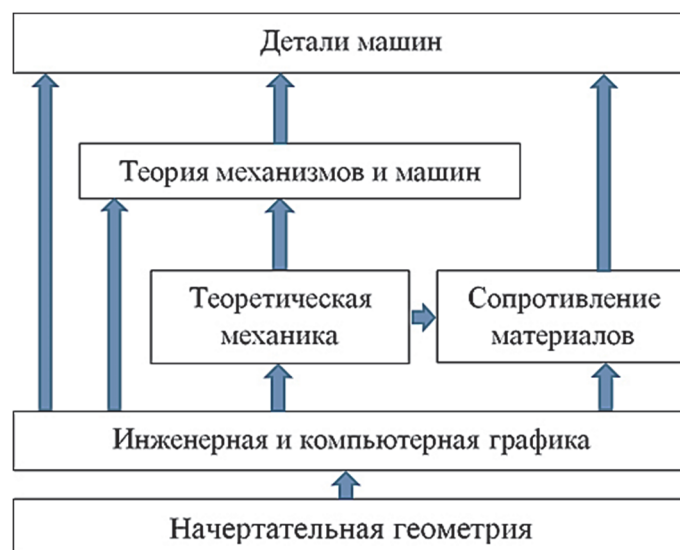


Рис. 2. Последовательность изучения дисциплин курсантами на кафедре «Инженерные дисциплины»

Fig. 2. The sequence of studying disciplines at the Department of Engineering Disciplines

В процессе проведения исследований по ГБТ № 732/2019-2023 наработан успешный опыт применения междисциплинарного подхода в научно-исследовательской деятельности студентов и курсантов под руководством профессорско-преподавательского состава кафедры «Инженерные дисциплины». Отталкиваясь от принятого в рамках ГБТ базового элемента – вала, в дальнейших работах курсантов получили развитие направления исследований различных устройств и механизмов. Работы студентов и курсантов, апробированные на научных конференциях, представлены в таблице.

Темы опубликованных научных работ студентов и курсантов, выполненных на кафедре «Инженерные дисциплины»

Names of published scientific works of students and cadets performed at the Department of Engineering Disciplines

№ п/п	Наименование работы	Наименование научного мероприятия
1	2	3
1	Кинематика всенаправленного колеса для транспортного устройства	VI Международная научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Комплексные исследования в рыбной отрасли», 27 ноября 2020 г., Владивосток XIII Международная научно-техническая конференция студентов, курсантов и молодых учёных «Мореходы – развитию рыбной отрасли Дальнего Востока», 22–23 апреля 2021 г., Владивосток
2	Влияние элементов керамических подшипников на их шумовые характеристики	
3	Повышение энергоэффективности мотор-редукторов в робототехнических устройствах	
4	Анализ зацепления планетарных передач с плавающей солнечной шестерней	
5	Повышение КПД электротранспортного средства объединением электродвигателей через планетарный редуктор	
6	Динамика червячной передачи при мгновенно приложенном крутящем моменте	

Окончание таблицы

1	2	3
7	Потери мощности в червячной передаче при перемешивании смазочного масла	VII Международная научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Комплексные исследования в рыбной отрасли», 26 ноября 2021 г., Владивосток
8	Моделирование боковой поверхности зуба червячного колеса	XIV научно-техническая конференция студентов, курсантов и молодых учёных «Мореходы – развитию рыбной отрасли Дальнего Востока», 20–22 апреля 2022 г., Владивосток
9	Плоская шестерня с внутренним зацеплением в червячной передаче	
10	Геометрическая модель для прогнозирования поведения цепи вариатора	
11	Инновационные конструкции подъемных механизмов для вилочных погрузчиков	
12	Моделирование противораскачивающего устройства судового крана	
13	Кинематический анализ параллельного подъемного механизма для стереоскопического парковочного робота	

Развитие инновационных методов обучения, с одной стороны, и цифровизация экономики, с другой стороны, требуют введения в учебный процесс технологий Индустрия 4.0. Примером такой технологии может быть внедрение в учебный процесс цифровых двойников, начиная с отдельно взятых деталей и заканчивая судовым двигателем внутреннего сгорания [4].

Список источников

1. ФГОС 26.02.05 Эксплуатация судовых энергетических установок // Приказ Минобрнауки России от 07.05.2014 N 443 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://fgos.ru/fgos/fgos-26-02-05-ekspluataciya-sudovyh-energeticheskikh-ustanovok-443/> (дата обращения: 15.09.2022).
2. ПДНВ. Конвенция ПДНВ и Кодекс ПДНВ. Включает манильские поправки 2010 года. Международная морская организация. Лондон, 2013 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://morflot.gov.ru/files/files/%D0%9F%D0%94%D0%9D%D0%92.pdf> (дата обращения: 15.09.2022).
3. Малков С.М. Юдин и отечественная традиция междисциплинарных исследований // Человек. М.: Институт философии РАН, 2018. № 5. С. 67–83.
4. Куличков С.В. Цифровые двойники судовых ДВС и возможность их использования для моделирования рабочих процессов в научно-исследовательской деятельности и при подготовке судовых механиков // Современные тенденции практической подготовки в морском образовании: материалы III Нац. науч.-практ. конф., 19–20 ноября 2021 г. Керчь: ФГБОУ ВО «КГМТУ».

References

1. FGOS 26.02.05 Operation of marine power plants // Order of the Ministry of Education and Science of Russia dated 07.05.2014 N 443 [Electronic resource]. Access mode: <https://fgos.ru/fgos/fgos-26-02-05-ekspluataciya-sudovyh-energeticheskikh-ustanovok-443/> (accessed: 15.09.2022).

2. International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers (STCW). Includes the 2010 Manila Amendments. International Maritime Organization. London, 2013 [Electronic resource]. Access mode: <https://morflot.gov.ru/files/files/%D0%9F%D0%94%D0%9D%D0%92.pdf> (accessed: 15.09.2022).

3. Malkov S.M. Yudin and the Russian tradition of interdisciplinary research // Man. Moscow: Institute of Philosophy of the Russian Academy of Sciences, 2018. No. 5. P. 67–83.

4. Kulichkov S.V. Digital doubles of ship ICE engines and the possibility of their use for modeling work processes in research activities and in the training of ship mechanics // Modern trends in practical training in maritime education: collection of materials of the III National scientific and practical Conference, November 19–20, 2021. Kerch: KSMTU.

Информация об авторах

Е.В. Григорьева – кандидат технических наук, доцент, зав. кафедрой «Инженерные дисциплины», SPIN-код: 5698-7615, AuthorID: 654970;

С.В. Куличков – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Инженерные дисциплины», SPIN-код: 4578-5793, AuthorID: 994628;

В.А. Плоткина – старший преподаватель кафедры «Инженерные дисциплины», SPIN-код: 3733-0447, AuthorID: 1106789.

Information about the authors

E.V. Grigoryeva – PhD in Engineering Sciences, Associate Professor, Head of Department of Engineering Disciplines, SPIN-code: 5698-7615, AuthorID: 654970;

S.V. Kulichkov – PhD in Engineering Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Engineering Disciplines, SPIN-code: 4578-5793, AuthorID: 994628;

V.A. Plotkina – Senior Lecturer at the Department of Engineering Disciplines, SPIN-code: 3733-0447, AuthorID: 1106789.

Статья поступила в редакцию 21.09.2022; одобрена после рецензирования 29.09.2022; принята к публикации 06.10.2022.

The article was submitted 21.09.2022; approved after reviewing 29.09.2022; accepted for publication 06.10.2022.

Научные труды Дальрыбвтуза. 2022. Т. 61, № 3. С. 93–101.
Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University. 2022. Vol. 61, no 3. P. 93–101.

СУДОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ И ИХ ЭЛЕМЕНТЫ (ГЛАВНЫЕ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ)

Научная статья

УДК 620.1

Моделирование поверхностей, способствующих снижению сопротивления

Виктория Александровна Плоткина

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, Владивосток, Россия, plonkina.va@dgtru.ru

Аннотация. Отмечено, что процесс моделирования новых твердых поверхностей, способствующих снижению сопротивления движению, важен. Наглядное представление вида и особенностей обтекающих поверхностей разными средами дают возможности компьютерной технологии. Рассматриваются современные аспекты моделирования в области аэрогидродинамических исследований.

Ключевые слова: моделирование, ламинаризация, перфорированная поверхность, сопротивление, пограничный слой

Для цитирования: Плоткина В.А. Моделирование поверхностей, способствующих снижению сопротивления // Научные труды Дальрыбвтуза. 2022. Т. 61, № 3. С. 93–101.

MARINE POWER PLANTS AND THEIR ELEMENTS (MAIN AND AUXILIARY)

Original article

Modeling of surfaces contributing reducing resistance

Victoria A. Plotkina

Far Eastern State Technical Fisheries University, Vladivostok, Russia, plonkina.va@dgtru.ru

Abstract. The article notes that the process of modeling new hard surfaces that contribute to reducing the resistance to movement is important. A visual representation of the appearance and features of the flowing surfaces by different media gives the possibilities of computer technology. Modern aspects of modeling in the field of aerohydrodynamic research are considered.

Keywords: modeling, laminarization, perforated surface, resistance, boundary layer

For citation: Plotkina V.A. Modeling of surfaces contributing reducing resistance. *Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University*. 2022;61(3): 93–101 (in Russ.).

Введение

Современная наукоёмкая техника отвечает большим многообразием интересных и инновационных решений, которые способствуют развитию конкурентоспособных и хорошо адаптирующихся в нынешнее время актуальных инженерных средств в области технической сферы.

Данный аспект интересен с целью реализации их в различных ветвях инженерных наук, к которым относятся океанография, аэродинамика, гидродинамика, море- и аэроведение, физика текущих процессов и другие общетехнические научные направления.

В статье уделено внимание направлению моделирования процессов, происходящих в текучей среде при обтекании прочных и жёстких поверхностей; в том числе и новых современных, к которым относятся риблетные поверхности; поверхности с отверстиями различной геометрической формы и расположенными ниже демпфирующими полостями [1, 2]; поверхности с системой воздушной смазки и др. При этом необходимо отметить, что текущая среда во всем её многообразии может быть, а также есть водной и воздушной. Сущность протекающих процессов очень разнообразна, которая зависит от многих факторов. Например, таких, как: вид и обтекаемость твердой поверхности; режим течения потока вблизи тверди; удобообтекаемость поверхности, которую омывает поток или ориентации по отношению к вектору скорости набегающего на поверхность потока; как данная поверхность способствует процессу ламинаризации потока; скорости потока; окружающих условий и других консигнаций в условиях гидроаэродинамики. Кроме того, зная наверняка, как поведет себя текучая среда вблизи поверхности, впоследствии можно определить, на сколько процентов снижено сопротивление движению, что в дальнейшем повлияет на гидродинамические характеристики судна. При этом сила сопротивления, возникающая при обтекании тверди потоком текучей среды, состоит из сопротивления трения и сопротивления давления, а их суммарность определяет вязкостное сопротивление движению.

В настоящее время интерес к теории пограничного слоя не иссяк, так как совершенствование гидродинамики с целью снижения сопротивления трения за счет применения различных методов и способов управления пограничным слоем остается актуален для ученых. Известны многие решения по исследованию поведения текучей среды при обтекании различных видов поверхностей. Например, в области гидродинамики самыми распространенными являются исследования поведения текучей среды при обтекании современных моделей обитаемых и необитаемых аппаратов как надводных, так и подводных в опытовых бассейнах с целью оценки их мореходных качеств. Данные исследования позволяют определить гидродинамические характеристики морских аппаратов, а именно: ходкость, мореходность, управляемость и другие параметры с учётом особенностей обтекающих поверхностей [3].

В свою очередь не маловажно отметить и исследования в области аэродинамики, так как не только воздушные суда, но и надводная часть судов обтекается воздушным потоком. Кроме того, на сегодняшний день с учетом стремления увеличения скоростей с целью уменьшения продолжительности движения для достижения поставленных задач и увеличения скорости движения алгоритм исследовательских этапов требует большего количества действий при моделировании процессов, происходящих в текучей среде с учетом обтекания тех или иных поверхностей. В области аэродинамики исследования основаны на продувке моделей в аэродинамических трубах различных типов при дозвуковых и сверхзвуковых скоростях [4]. При этом необходимо выделить предварительный процесс перед апробацией данных экспериментов, в частности процесс моделирования. На сегодняшний день информационные технологии (IT-технологии) играют существенную роль в ходе исследовательской деятельности при создании современных «продуктов», удовлетворяющих требованиям снижения неблагоприятных воздействий с учетом перемещения как надводных, так и подводных объектов движения в различных средах.

Процесс моделирования трудоёмкий, и зачастую не обосновано преуменьшено его значение, так как именно на стадии поиска инвариантности объекта и обоснования целесообразности применения способа снижения сопротивления трения возможно появление затруднений.

Объекты и методы исследований

Исходя из вышеотмеченного, объектом исследования выбрана перфорированная поверхность с комбинированными отверстиями и расположенной ниже демпфирующей полостью. Данное техническое решение обосновано малоизученностью в сфере аэрогидродинамики.

В частности, в трудах В.И. Корнилова, А.В. Бойко, Н.Н. Ковальногова, А.А. Бондаренко, Л.В. Хахалевой, Е.Н. Коврижного, Г.И. Дербунович и других ученых [5–15] было показано, что снижение сопротивления трения возможно с помощью использования перфорированной поверхности с целью воздействия на пристенную турбулентность. В указанных работах не учитывается влияние перфорированной поверхности с комбинированными отверстиями и расположенной ниже демпфирующей полостью на процесс ламинаризации потока. При этом поверхность не является полностью проницаемой, а следовательно, возможно его применение во многих отраслях промышленности.

Ключевой особенностью на моделируемой поверхности является наличие разных по геометрии перфорационных отверстий и расположенной ниже демпфирующей полости (рис. 1).

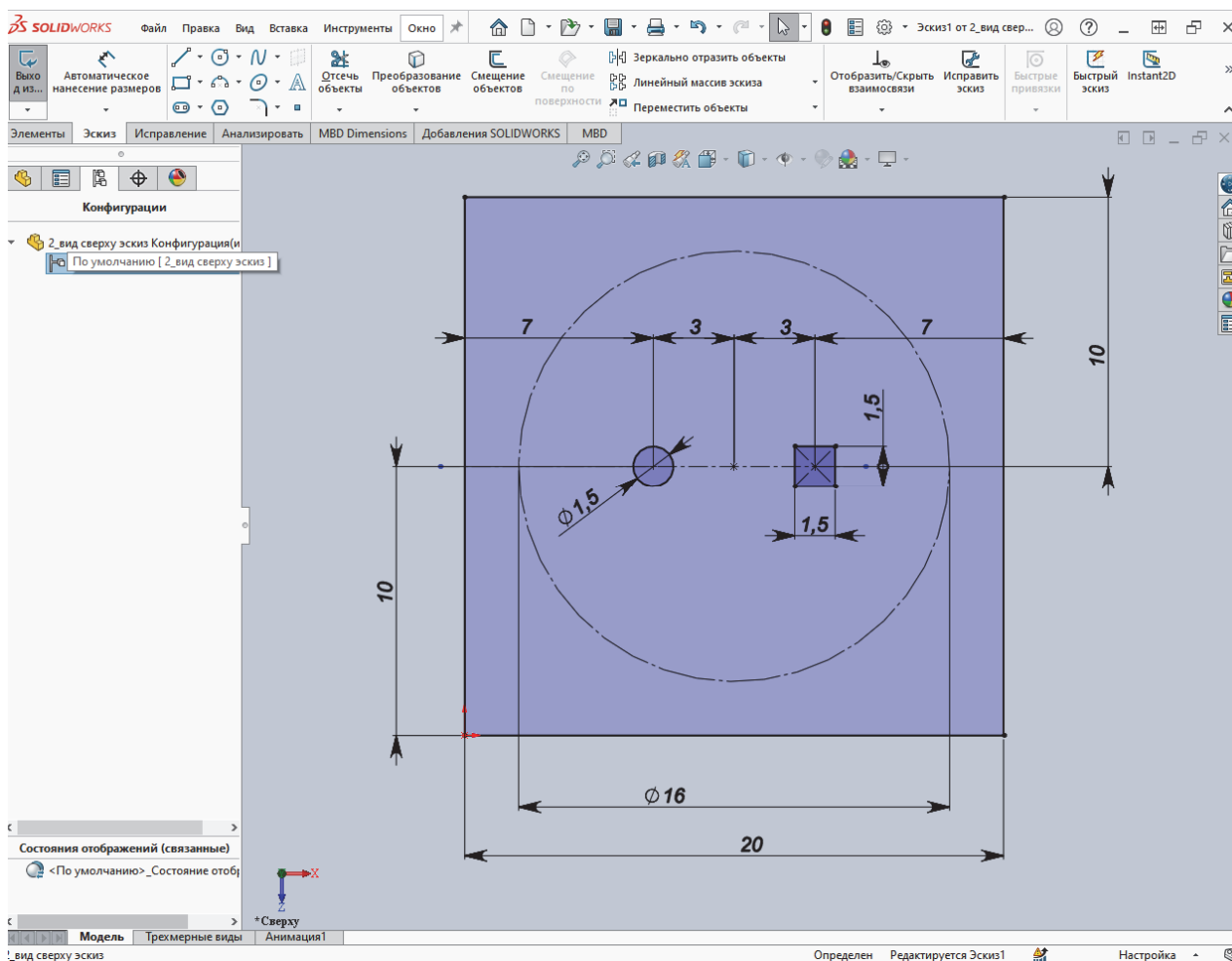


Рис. 1. Скриншот размеров составляющих элементов поверхности, представленной разными по геометрии перфорационными отверстиями и расположенной ниже демпфирующей полостью (фрагмент поверхности), выполненный с помощью программного обеспечения Solidworks Flow Simulation

Fig. 1. Screenshot of the dimensions of the constituent elements of the surface represented by perforations with different geometries and a damping cavity located below (a fragment of the surface) made using the Solidworks Flow Simulation software

Метод исследования – моделирование протекающих процессов в пограничном слое, возникающем вблизи твердой поверхности объекта при его движении. Здесь не идет речь о математическом моделировании, а рассматривается моделирование с помощью программного обеспечения Solidworks Flow Simulation. Выбор данного программного обеспечения основан на том, что оно позволяет проектировщикам моделировать потоки жидкости и газов в условиях реального времени, запускать различные проекты и сценарии, а также эффективно анализировать процессы последствия поведения потока текучей среды.

Конечно, в настоящее время существуют и другие виды портфелей визуализации потока. К ним относятся программное обеспечение Autodesk CFD, Real Flow и др. В свою очередь, именно программный комплекс Solidworks Flow Simulation предназначен для автоматизации работ на этапе конструкторской и технологической подготовки объекта перед вводом в эксплуатацию. Кроме того, Solidworks Flow Simulation обеспечивает разработку изделий любой сложности, размерности и назначения. Поэтому именно этим обоснован выбор данного программного обеспечения. При этом необходимо дополнить, что в данной статье идет в первую очередь речь о конструкторском этапе подготовки твердой поверхности, представленной перфорированной поверхностью с комбинированными отверстиями и расположенной ниже демпфирующей полостью.

Исходя из ранее указанного, важно отметить, что исследование реальной поверхности с помощью модели даст возможность выполнить прототип и продолжить дальнейшую апробацию изобретения с целью получения числовых значений для последующего анализа.

Результаты и их обсуждение

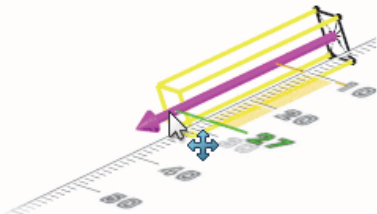
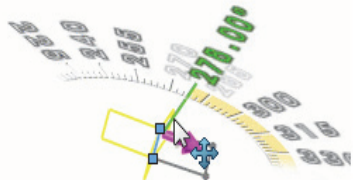
Виртуальная среда программного обеспечения Solidworks Flow Simulation дала возможность выполнить конструирование объекта исследования в виде перфорированной поверхности с комбинированными отверстиями и расположенной ниже демпфирующей полостью. Так как ключевой особенностью на моделируемой поверхности является наличие разных по геометрии перфорационных отверстий и расположенной ниже демпфирующей полости, то размер составляющих элементов принят с учетом известных исследований [11].

В трудах А.А. Бондаренко показана и обоснована необходимость именно двух проникаемых отверстий, которые расположены над демпфирующей полостью [13]. Поэтому при моделировании данный факт учтён (см. рис. 1). Демпфирующая полость даёт возможность гасить и предотвращать интенсивные колебания потока текучей среды, который попадает через первую группу перфорационных отверстий из турбулентного пограничного слоя и, выходя через вторую группу отверстий, приводит к частичной ламинаризации. Данный фактор способствует снижению сопротивления трения в пограничном слое.

При моделировании указанного объекта исследования с помощью Solidworks Flow Simulation необходимо отметить сложности, которые в дальнейшем требуется учесть при последующем исследовании. К сложностям относятся: необходимость детального ознакомления с интерфейсом программного обеспечения; большой период изучения работы программы, влекущей затянутость процесса моделирования поверхности; необходимость обращения к внешним источникам при ознакомлении; расшифровка специальной терминологии, присутствующей в пакете Solidworks Flow Simulation; необходимость интуитивных решений с учетом знаний в области аэрогидродинамики; и потребность в верификации. Конечно, указанные сложности разрешимы. В частности, такую проблему, как «расшифровка специальной терминологии» можно решить, выполнив последовательное структурирование необходимых терминов (таблица).

Понятие и расшифровка терминологии

The concept and interpretation of terminology

Термин с программного обеспечения Solidworks	Понятие термина	Родственные понятия термина
Бобышка	Сравнительно короткий выступ или выпуклость из поверхности поковки или отливки, часто цилиндрической формы	Вытянутая бобышка/основание; повернутая бобышка/основание
	Схема	Пояснение
Вытянутая бобышка/ основание		Вытяжка эскиза или выбранных контуров эскиза
Повернутая бобышка/ основание		Вращение эскиза или выбранных контуров эскиза

Проблема «необходимость обращения к внешним источникам при ознакомлении» тоже решаема, так как XXI в. известен большим количеством информационных ресурсов. К информационным ресурсам относятся интернет-ресурсы, электронные и бумажные документы, видеофильмы и др.

Таким образом, последовательное решение указанных сложностей и постоянная практика повышают навыки работы в программном комплексе Solidworks Flow Simulation. При этом упорство и целеустремленность для достижения поставленной задачи не уходят на последний план действий.

Заключение

Рассматривая современные аспекты исследований в области аэрогидродинамики, приходим к выводу, что процесс моделирования новых твердых поверхностей, способствующих снижению сопротивления движению, важен. Моделирование процессов поведения потоков жидкости и газа вблизи исследуемых твердых поверхностей, способствующих снижению сопротивления с учетом действующих исходных параметров среды, позволяет предусмотреть все возможные причины влияния изменчивости внешних условий на проектируемый объект, к которому также относятся суда. Поэтому первоначальный процесс – конструирование – играет первостепенную роль в судостроении. Вид внешней поверхности должен отвечать всем требованиям как механическим (прочность, жёсткость, устойчивость), так и аэрогидродинамическим (снижение сопротивления, малая шероховатость, мореходность, ходкость и др.).

В результате последовательных действий при моделировании перфорированной поверхности с комбинированными отверстиями и расположенной ниже демпфирующей полостью получена модель (рисунки 2, 3), которая целесообразна для выполнения следующего этапа – постановки сценария поведения потока вблизи предложенной модели. Указанный этап позволит выполнить симуляцию процессов движения текучей среды вблизи поверхности с учетом материала и особенностей тверди, внешних условий среды и аэрогидродинамических дополнительных параметров.

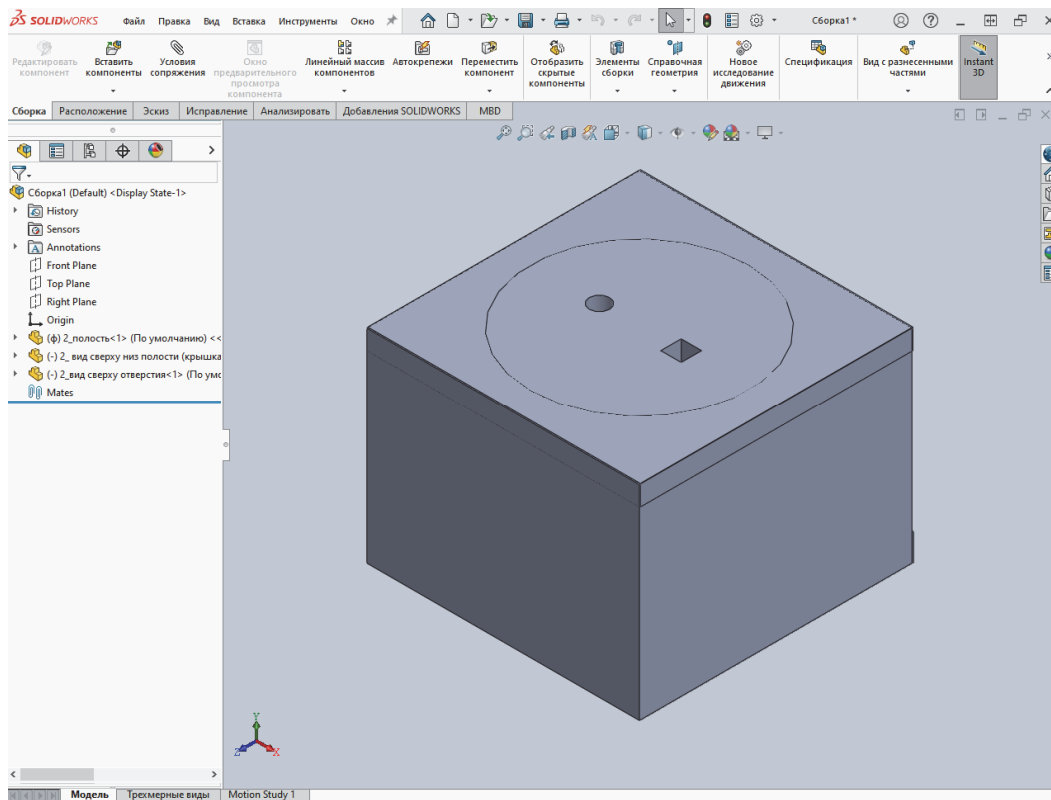


Рис. 2. Скриншот модели поверхности, способствующей снижению сопротивления движению
Fig. 2. Screenshot of the surface model contributing to the reduction of resistance to movement

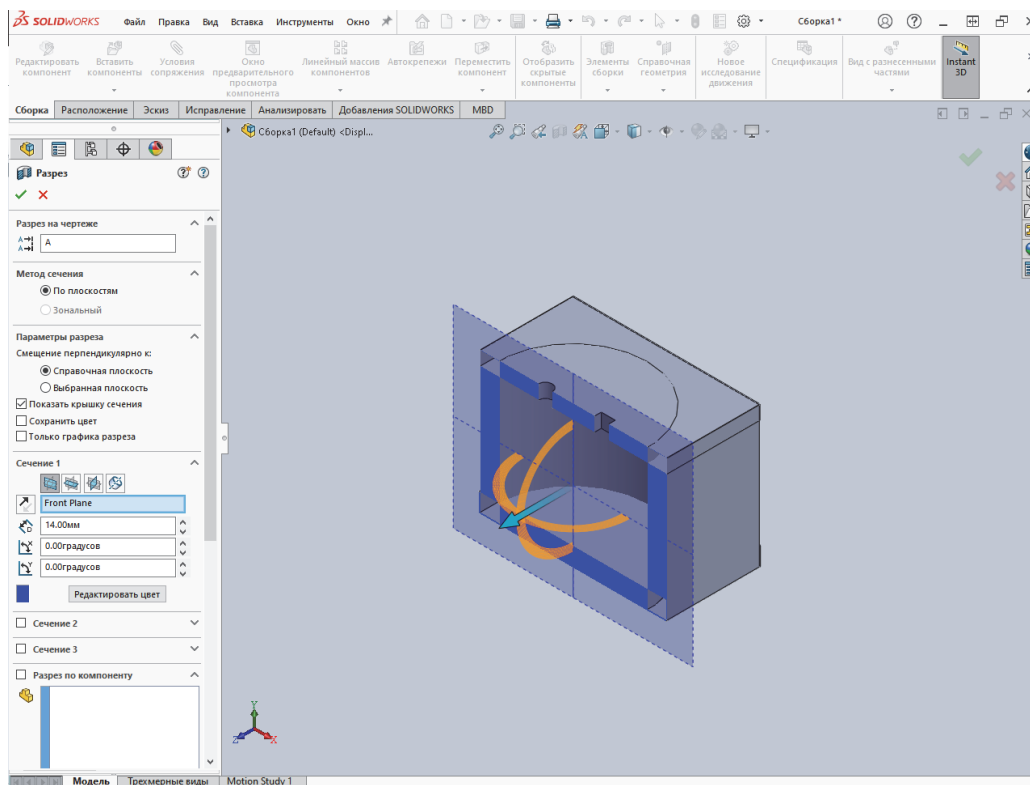


Рис. 3. Скриншот модели (поперечный разрез)
Fig. 3. Screenshot of the model (cross section)

Список источников

1. Перфорированная конструкция обшивки летательного аппарата с комбинированными отверстиями и демпфирующей полостью: пат. на изобретение. Свидетельство № 2656918. Заявка № 2017119057/11 (032961), 31.05.2017 – МПК В64С 21/02 (2006.01), опубл. 0.06.2018, Бюл. № 16.
2. Перфорированная конструкция внешней поверхности тела вращения с комбинированными отверстиями и каналом отсоса: пат. на изобретение. Свидетельство № 2734664С1. Заявка № 2020113831, 03.04.2020 – МПК В64С 21/06 (2006.01); G01М9/08 (2006.01); F15D1/2 (2006.01), опубл. 21.10.2020, Бюл. № 30.
3. Никущенко Д.В., Надымов Е.Н., Шушков Р.А. Расчет гидродинамических характеристик подводных аппаратов с выступающими частями, рулями и стабилизаторами // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета. СПб.: СПбГУ, 2010. Вып. 4. Сер. 10. С. 63–73.
4. Плоткина В.А. Некоторые способы визуализации турбулентных течений пограничного слоя // Научные труды Дальрыбвтуза. Владивосток: Дальрыбвтуз, 2020. Т. 54. С. 50–56.
5. Ковальногов Н.Н. Модель турбулентного переноса в пограничном слое на перфорированной поверхности с глухими демпфирующими полостями // Изв. вузов. Проблемы энергетики. Казань, 2003. № 5–6. С. 41–47.
6. Ковальногов, Н.Н. Ламинаризация течения в перфорированной трубе с демпфирующими полостями / Н.Н. Ковальногов, Л.В. Хахалева, Е.Ю. Седова, Д.А. Буйнов, Л.А. Мина // Вестник УлГТУ. Ульяновск, 2001. С. 101–108.
7. Коврижных Е.Н. Экспериментальное исследование спектра турбулентных пульсаций в демпфирующей полости / Е.Н. Коврижных, А.Н. Мирошин, А.В. Сучков // Научный вестник МГТУ ГА. М.: МГТУ ГА. № 211. С. 132–135.
8. Коврижных, Е.Н. К вопросу исследования трения потока газа на перфорированной пластине / Е.Н. Коврижных, А.Н. Мирошин, А.А. Бондаренко // Научный вестник МГТУ ГА. М.: МГТУ ГА. № 154. С. 164–166.
9. Дербунович, Г.И. Гидравлическое сопротивление перфорированных решеток / Г.И. Дербунович, А.С. Земская, Е.У. Репик, Ю.П. Соседко // Ученые записки ЦАГИ. Жуковский: ЦАГИ, 1984. Т. XV, № 2. С. 114–118.
10. Корнилов В.И. Пути и возможности эффективности управления вдувом через проницаемую стенку перспективы его использования / В.И. Корнилов, А.В. Бойко // Вестник ПНИПУ. Аэрокосмическая техника. М., 2016. № 45. С. 50–70.
11. Бондаренко А.А. Численное исследование параметров пограничного слоя на перфорированной поверхности с глухими демпфирующими полостями в ускоряющемся потоке / А.А. Бондаренко, Е.Н. Коврижных, А.Н. Мирошин, А.В. Сучков // Научный вестник УВАУ ГА(И). Ульяновск: УВАУ ГА, 2012. Т. 4. С. 5–8.
12. Мирошин, А.Н. Экспериментальное исследование ламинаризации пограничного слоя в ускоряющемся потоке / А.Н. Мирошин, Е.Н. Коврижных, А.А. Бондаренко, А.В. Сучков // Научный вестник УВАУ ГА(И). Ульяновск: УВАУ ГА, 2012. Т. 4. С. 32–36.
13. Бондаренко А.А. Математическое моделирование процессов ламинаризации пограничного слоя на перфорированной поверхности с глухими демпфирующими полостями в ускоряющемся потоке: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Ульяновск, 2011. 28 с.
14. Шиплюк, А.Н. Влияние пористых покрытий на устойчивость гиперзвуковых пограничных слоев / А.Н. Шиплюк, Е.В. Буров, А.А. Маслов, В.М. Фомин // Прикладная механика и техническая физика. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2004. Т. 45, № 2. С. 169–176.
15. Калугин, В.Т. Исследование влияния перфорации для снижения пульсационных нагрузок, действующих на аэродинамические управляющие поверхности / В.Т. Калугин, А.С. Епихин, П.А. Чернуха // Научный вестник МГТУ ГА. М.: МГТУ ГА, 2016. Т. 19, № 1. С. 51–56.

References

1. Perforated structure of the aircraft skin with combined holes and a damping cavity / Patent for invention. Certificate No. 2656918. Application No. 2017119057/11 (032961), 31.05.2017 – IPC B64S 21/02 (2006.01), pub. 0.06.2018, Bul. No. 16.
2. Perforated design of the outer surface of the body of rotation with combined holes and suction channel / Patent for invention. Certificate No. 2734664C1. Application No. 2020113831, 03.04.2020 – IPC B64C 21/06 (2006.01); G01M9/08 (2006.01); F15D1/2 (2006.01), pub. 21.10.2020, Bul. No. 30.
3. Nikushchenko D.V., Nadymov E.N., Shushkov R.A. Calculation of hydrodynamic characteristics of underwater vehicles with protruding parts, rudders and stabilizers // Bulletin of St. Petersburg State University. Ser. 10. Issue 4. St. Petersburg: St. Petersburg State University, 2010. P. 63–73.
4. Plotkina V.A. Some ways of visualizing turbulent flows of the boundary layer // Scientific works of Dalrybvtuz. Vol. 54. Vladivostok: Dalrybvtuz, 2020. P. 50–56.
5. Kovalnogov N.N. Model of turbulent transport in a boundary layer on a perforated surface with blind damping cavities // Izvestiya vuzov. Problems of power engineering. № 5–6. Kazan, 2003. P. 41–47.
6. Kovalnogov, N.N. Laminarization of flow in a perforated pipe with damping cavities / N.N. Kovalnogov, L.V. Khakhaleva, E.Y. Sedova, D.A. Buinov, L.A. Mina // Bulletin of UISTU. Ulyanovsk, 2001. P. 101–108.
7. Kovrizhnykh, E.N. Experimental study of the spectrum of turbulent pulsations in a damping cavity / E.N. Kovrizhnykh, A.N. Miroshin, A.V. Suchkov // Scientific Bulletin of MGTU GA. No. 211. M.: MGTU GA. P. 132–135.
8. Kovrizhnykh, E.N. On the issue of studying the friction of gas flow on a perforated plate / E.N. Kovrizhnykh, A.N. Miroshin, A.A. Bondarenko // Scientific Bulletin of MSTU GA. No. 154. Moscow: MSTU GA. P. 164–166.
9. Derbunovich, G.I. Hydraulic resistance of perforated gratings / G.I. Derbunovich, A.S. Zemskaya, E.U. Repik, Yu.P. Neighborko // Scientific notes of TsAGI. Vol. XV, No. 2. Zhukovskiy: TsAGI, 1984. P. 114–118.
10. Kornilov, V.I. Ways and possibilities of effective control of injection through a permeable wall prospects for its use / V.I. Kornilov, A.V. Boyko // Bulletin of PNRPU. Aerospace Engineering. No. 45. Moscow, 2016. P. 50–70.
11. Bondarenko, A.A. Numerical investigation of boundary layer parameters on a perforated surface with deaf damping cavities in an accelerating flow / A.A. Bondarenko, E.N. Kovrizhnykh, A.N. Miroshin, A.V. Suchkov // Scientific Bulletin of UVAU GA(I). Vol. 4. Ulyanovsk: UVAU GA, 2012. P. 5–8.
12. Miroshin, A.N. Experimental investigation of boundary layer laminarization in an accelerating flow / A.N. Miroshin, E.N. Kovrizhnykh, A.A. Bondarenko, A.V. Suchkov // Scientific Bulletin of UVAU GA(I). Vol. 4. Ulyanovsk: UVAU GA, 2012. P. 32–36.
13. Bondarenko A.A. Mathematical modeling of the processes of laminarization of the boundary layer on a perforated surface with blind damping cavities in an accelerating flow: Abstract of the dissertation of the Candidate of Technical Sciences. Ulyanovsk, 2011. 28 p.
14. Shipyuk, A.N. Influence of porous coatings on the stability of hypersonic boundary layers / A.N. Shipyuk, E.V. Burov, A.A. Maslov, V.M. Fomin // Applied Mechanics and technical physics. Vol. 45, No. 2. Novosibirsk: Publishing House of SB RAS, 2004. P. 169–176.
15. Kalugin, V.T. Investigation of the effect of perforation to reduce pulsation loads acting on aerodynamic control surfaces / V.T. Kalugin, A.S. Epikhin, P.A. Chernukha // Scientific Bulletin of MSTU GA. Vol. 19, No. 1. Moscow: MSTU GA, 2016. P. 51–56.

Информация об авторе

В.А. Плоткина – старший преподаватель кафедры «Инженерные дисциплины», соискатель, SPIN-код: 3733-0447, AuthorID: 1106789.

Information about the author

V.A. Plotkina – Senior Lecturer of the Department of Engineering Disciplines, applicant, SPIN-code: 3733-0447, AuthorID: 1106789.

Статья поступила в редакцию 05.09.2022; одобрена после рецензирования 14.09.2022; принята к публикации 06.10.2022.

The article was submitted 05.09.2022; approved after reviewing 14.09.2022; accepted for publication 06.10.2022.

СВЕДЕНИЯ О ЖУРНАЛЕ

Научный журнал «Научные труды Дальрыбвтуза» издается с 1996 года.

Тематика статей, публикуемых в журнале, соответствует следующим отраслям науки:

2.5.20 – Судовые энергетические установки и их элементы (главные и вспомогательные)

4.2.6 – Рыбное хозяйство, аквакультура и промышленное рыболовство

4.3.3 – Пищевые системы

4.3.5 – Биотехнологии продуктов питания и биологически активных веществ

В журнале публикуются научные статьи преподавателей, научных сотрудников и аспирантов ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз», а также ученых и преподавателей других образовательных и научных организаций Российской Федерации и зарубежных стран.

В одном номере журнала может быть опубликовано не более двух статей одного автора, в том числе в соавторстве.

Статьи в научном журнале «Научные труды Дальрыбвтуза» публикуются бесплатно.

Предлагаемая к публикации статья должна соответствовать научной тематике журнала, быть интересной достаточно широкому кругу российской научной общественности. Материал, предлагаемый для публикации, должен быть оригинальным, не опубликованным ранее в других печатных изданиях, написан в контексте современной научной литературы и содержать очевидный элемент создания нового знания.

При цитировании и копировании публикаций ссылка в журнал обязательна.

За точность воспроизведения имен, цитат, формул, цифр несет ответственность автор.

Редакция журнала в своей деятельности руководствуется положениями гл. 70 «Авторское право» Гражданского кодекса Российской Федерации и рекомендациями Международного комитета по публикационной этике (COPE) – <http://publicationethics.org/resources/flowcharts>.

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЬИ

Объем статьи (включая список литературы, таблицы и подрисуночные подписи) должен быть от 5 до 12 страниц; текст – в формате А4; наименование шрифта – Times New Roman; размер (кегель) шрифта – 12 пунктов; все поля должны быть 2 см, отступ (абзац) – 1 см, междустрочный интервал – одинарный.

Текст статьи набирать без принудительных переносов, слова внутри абзаца разделять только одним пробелом, не использовать пробелы для выравнивания. Следует избегать перегрузки статей большим количеством формул, дублирования одних и тех же результатов в таблицах и графиках.

Границы таблиц и рисунков должны соответствовать параметрам полей текста. Математические и химические формулы должны набираться одним объектом в редакторе формул Equation (MathType) или в Редакторе MS Word кеглем 12.

Формулы и уравнения печатаются с новой строки и нумеруются в круглых скобках в конце строки.

Рисунки должны быть представлены в формате *.jpg или *.tiff. Подрисуночная подпись должна состоять из номера и названия (Рис. 1. ...). В тексте статьи обязательно должны быть ссылки на представленные рисунки. Таблицы должны иметь заголовки и порядковые номера. В тексте статьи должны присутствовать ссылки на каждую таблицу.

В связи с тем, что электронные версии публикаций обрабатываются в специальных программах для размещения в различных электронных библиотечных системах, математические символы, формулы с надстрочными и подстрочными индексами и буквы греческого алфавита в заголовках статей, аннотациях и ключевых словах отображаются некорректно. Убедительная просьба избегать употребления таких символов в указанных частях публикации!

Требования к оформлению статьи приводятся в соответствии с ГОСТ Р 7.0.7–2021 «СТАТЬИ В ЖУРНАЛАХ И СБОРНИКАХ. Издательское оформление»:

1. Вверху по центру страницы прописными буквами указывается рубрика:

- БИОТЕХНОЛОГИИ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ И БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ
- ПИЩЕВЫЕ СИСТЕМЫ
- РЫБНОЕ ХОЗЯЙСТВО, АКВАКУЛЬТУРА И ПРОМЫШЛЕННОЕ РЫБОЛОВСТВО
- СУДОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ И ИХ ЭЛЕМЕНТЫ (ГЛАВНЫЕ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ)

2. Тип статьи – научная статья, обзорная статья, редакционная статья и т.д. указывают в начале статьи отдельной строкой слева.

3. Индекс УДК (слева).

4. Список авторов в формате: «Имя, отчество, фамилия» (полностью) набирается полужирным шрифтом. Если у статьи несколько авторов, то имена авторов приводят в принятой ими последовательности. Сведения о месте работы (учебы), электронные адреса, ORCID авторов указывают после имен авторов на разных строках и связывают с именами с помощью надстрочных цифровых обозначений¹⁾. Если у авторов одно и то же место работы, учебы, то эти сведения приводят один раз. В случае, когда автор работает (учится) в нескольких организациях (учреждениях), сведения о каждом месте работы (учебы) указывают после имени автора на разных строках и связывают с именем с помощью надстрочных цифровых обозначений.

После списка авторов указываются следующие данные:

- полное название учреждения (место работы);
- город, страна;
- адрес электронной почты.

Наименование организации (учреждения), подразделения, где работает автор, приводится без обозначения организационно-правовой формы юридического лица (ФГБОУ ВО, ФГБУН, ОАО и т.д.).

5. Заглавие статьи. Название статьи должно быть кратким (10–12 слов). Заголовок набирают полужирными буквами по центру страницы. Первое слово заглавия статьи приводят с прописной буквы, остальные слова – со строчной буквы (кроме собственных имен, аббревиатур и т.д.). В заглавии не допускается употребление сокращений, кроме общепризнанных. В конце заглавия точку не ставят

6. Аннотация (не менее 150–250 слов). Перед текстом необходимо поставить слово «аннотация» и выделить его полужирным курсивом.

7. Ключевые слова (словосочетания) должны соответствовать теме статьи и отражать ее предметную, терминологическую область. Не рекомендуется использовать обобщенные и многозначные слова, а также словосочетания, содержащие причастные обороты. Количество ключевых слов (словосочетаний) не должно быть меньше 3 и больше 15 слов (словосочетаний). Их приводят, предваряя словами «Ключевые слова», набранными полужирным курсивом, и отделяют друг от друга запятыми. После ключевых слов точку не ставят.

8. Благодарности. После ключевых слов при необходимости приводят слова благодарности организациям (учреждениям), научным руководителям и другим лицам, оказавшим помощь в подготовке статьи, сведения о грантах, финансировании подготовки и публикации статьи, проектах, научно-исследовательских работах, в рамках или по результатам которых опубликована статья.

9. Знак охраны авторского права приводят по ГОСТ Р 7.01 внизу первой полосы статьи с указанием фамилии и инициалов автора (-ов) или других правообладателей и года публикации статьи.

НА АНГЛИЙСКОМ ЯЗЫКЕ УКАЗЫВАЕТСЯ:

10. Рубрика – по центру прописными буквами:

- BIOTECHNOLOGY OF FOOD AND BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES
- FOOD SYSTEMS
- FISHERIES, AQUACULTURE AND INDUSTRIAL FISHING
- MARINE POWER PLANTS AND THEIR ELEMENTS (MAIN AND AUXILIARY)

11. Тип статьи: Original article

12. Заглавие статьи – по центру страницы полужирным шрифтом.

13. Список авторов в формате «Имя, инициал отчества с точкой, фамилия» (Ivan I. Ivanov)

После списка авторов указываются следующие данные:

- полное название учреждения / места работы (Far Eastern State Technical Fisheries University);
- город, страна (Vladivostok, Russia);
- адрес электронной почты.

14. Аннотация (первое слово *Abstract* набирается полужирным курсивом).

15. Ключевые слова (первое слово *Keywords* набирается полужирным курсивом).

16. Благодарности (первое слово *Acknowledgments* набирается полужирным курсивом).

17. ТЕКСТ СТАТЬИ обязательно должен содержать следующие разделы:

- Введение
- Объекты и методы исследований
- Результаты и их обсуждение
- Заключение

18. Список источников. Перечень затекстовых библиографических ссылок помещают после основного текста статьи с предшествующими словами «Список источников». В перечень библиографических ссылок включают записи только на ресурсы, которые упомянуты или цитируются в основном тексте статьи. Библиографическую запись составляют по ГОСТ Р 7.0.5. Библиографические записи в перечне затекстовых библиографических ссылок нумеруют и располагают в порядке цитирования источников в тексте статьи, номер источника указывается в тексте в квадратных скобках [1, 2, 3] после цитаты.

19. Библиографический список (при наличии) помещают после списка источников с предшествующими словами «Библиографический список». В него включают записи на ресурсы по теме статьи, на которые не даны ссылки, а также записи на произведения лиц, которым посвящена статья. Записи в библиографическом списке нумеруют и располагают в алфавитном или хронологическом порядке.

20. Информация об авторе (авторах) / Information about the author (authors) – дополнительные сведения об авторе приводят с предшествующими словами **Информация об авторе (авторах) / Information about the author (authors)** в конце статьи после Списка источников (библиографического списка) на русском и английском языках. Дополнительные сведения об авторе (авторах) могут содержать:

- полное имя, отчество и фамилия,
- ученая степень,

- ученое звание,
- должность (с наименованием организации и подразделения),
- почетное звание;
- членство в организациях и творческих / профессиональных союзах;
- другие, кроме ORCID, идентификационные номера авторов.

21. Вклад авторов. Сведения о вкладе каждого автора, если статья имеет несколько авторов, при необходимости приводится на русском и английском языках в конце статьи после «Информации об авторах». Этим сведениям предшествуют слова «Вклад авторов» (Contributions of the authors) – после фамилии и инициалов автора в краткой форме описывается его личный вклад в написание статьи (идея, сбор материала, обработка материала, написание статьи, научное редактирование текста и т.д.)

В редакцию предоставляются:

1. Электронная версия статьи в программе MS Word 10 версии и выше в формате .docx на флэш-носителе или отправляется на электронный адрес редакции (nauch-tr@dgtru.ru). Файл статьи следует назвать по фамилии первого автора – Петров А.А.doc.

2. Распечатанный экземпляр статьи, строго соответствующий электронной версии.

3. Сопроводительное письмо на имя главного редактора сборника на бланке направляющей организации о возможности опубликовать научную статью в сборнике, с подписью руководителя учреждения (заверенной печатью), в котором выполнена работа, или его заместителя (сотрудникам Дальрыбвтуза сопроводительное письмо не требуется).

4. Экспертное заключение о возможности публикации в открытой печати, с гербовой печатью организации (скачать на сайте: <https://nauch-tr.dalrybvtuz.ru/> в разделе «Требования к оформлению статей»).

5. Авторское соглашение на публикацию статьи (скачать на сайте: <https://nauch-tr.dalrybvtuz.ru/> в разделе «Требования к оформлению статей»).

ПРИМЕР ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЬИ

Научные труды Дальрыбвтуза. 2021. Т. 58, № 4. С. 5–8.

Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University. 2021. Vol. 58, no 4. P. 5–8.

РЫБНОЕ ХОЗЯЙСТВО, АКВАКУЛЬТУРА И ПРОМЫШЛЕННОЕ РЫБОЛОВСТВО

Научная статья

УДК 123

Чужеродные виды рыб залива Петра Великого

Александр Александрович Иванов¹, Иван Иванович Петров²

¹ Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, Владивосток, Россия

² Тихоокеанский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии, Владивосток, Россия

¹ ivanov.aa@dgtru.ru ORCID: 0000-0000-000-000X

² petrovII@mail.ru ORCID: 0000-0000-000-000X

Аннотация. Приводится информация о времени проникновения чужеродных видов рыб в залив Петра Великого, их половом и возрастном составе. Установлено, что все чужеродные виды рыб акватории залива Петра Великого относятся к короткоцикловым, максимальный возраст не превышает 5 лет. Виды, проникшие в акваторию залива раньше, преимущественно имеют устоявшуюся половозрастную структуру с преобладанием самок или равнозначную, а виды, проникшие в водоем относительно недавно, отличаются преобладанием самцов.

Ключевые слова: гидробионты, чужеродные виды рыб, залив Петра Великого, популяционная структура

FISHERIES, AQUACULTURE AND INDUSTRIAL FISHING

Original article

Alien species of fish in the Peter the Great Bay

Aleksandr A. Ivanov¹, Ivan I. Petrov²

¹ Far Eastern State Technical Fisheries University, Vladivostok, Russia

² Pacific branch of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Vladivostok, Russia

¹ ivanov.aa@dgtru.ru ORCID: 0000-0000-000-000X

² petrovII@mail.ru ORCID: 0000-0000-000-000X

Abstract. The article presents data on the time of invasion of alien fish species into the Peter the Great Bay, their gender and age structure. It has been found out that all the alien fish species in Peter the Great Bay water area refer to short-cycle ones, their maximum age being no more than 5 years. The species that had invaded the water area earlier predominantly have a settled gender

and age structure with the domination of females or the equal correlation; and the species which invaded the water area later are marked by the domination of males.

Keywords: hydrobionts, alien fish species, Peter the Great Bay, population structure

ТЕКСТ СТАТЬИ

Список источников

1. Алеев Ф.Т., Семенов Д.Ю. Новые данные о нахождении рыб-вселенцев (Gobiidae, Pisces) в Ульяновском и Ундоровском плесах Куйбышевского водохранилища // Природа Симбирского Поволжья: сборник научных трудов. Ульяновск: Изд-во Средневолжского научного центра. 2003. Вып. 4. С. 96–99.

2. Понамарев, Н.М. Эпизоотологический мониторинг заболеваний рыб в озерах Алтайского края / Н.М. Понамарев, Н.В. Тихая // Вестник АГАУ. 2019. № 1(171). С. 132–135.

Сведения об авторах

А.А. Иванов – доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры экологии Дальневосточного государственного технического рыбохозяйственного университета, SPIN-cod: 0000-0000;

И.И. Петров – кандидат экономических наук, заведующий лабораторией океанических рыб Тихоокеанского филиала Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии, AuthorID: 000000.

Information about authors

A.A. Ivanov Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Ecology of the Far Eastern State Technical Fisheries University, SPIN-cod: 0000-0000;

I.I. Petrov PhD in Economics, Head of the Oceanic Fish Laboratory of the Pacific branch of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, AuthorID: 000000.

© Иванов А.А., Петров И.И., 2022

Электронное научное издание

НАУЧНЫЕ ТРУДЫ ДАЛЬРЫБВТУЗА

Научный журнал

№ 3 2022

Том 61

Учредитель и издатель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет»

Адрес: Россия, 690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б; e-mail: nauch-tr@dgtru.ru

Главный редактор – Ю.С. Ключков, доктор технических наук

Свидетельство о регистрации СМИ (сетевое издание) Эл. № ФС77-81684
выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий
и массовых коммуникаций (Роскомнадзор) 6 августа 2021 г.

Сайт: <http://nauch-tr.dalrybvtuz.ru>

Издание не подлежит маркировке в соответствии с гл. 3, ст. 11, п. 4 ФЗ № 436-ФЗ
«О защите детей от информации, причиняющей вред их здоровью и развитию»

Редактор Т.В. Ломакина
Макет, обложка О.В. Нечипорук

Дата выхода в свет 18.10.2022.
Формат 60x84/8.

Оригинал-макет подготовлен
Центром публикационной деятельности
«Издательство Дальрыбвтуза»
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б