МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

СЛОЖНЫЕ СИСТЕМЫ

Истина всегда рождается как ересь,
а умирает как предрассудок
Георг Вильгельм Фридрих Гегель

№4 (41), 2021

В НОМЕРЕ:

Проведен авторский анализ первой региональной модели системы человечества.

Разработана методика преобразования пиксельных изображений с целью формирования нового типа структур, названных нитевидными.

Обсуждаются правила распределения общественного продукта между тремя экономическими субъектами: группой предпринимателей, группой наемных работников и правительством (государственным бюджетом).

Проведен анализ проблем, связанных с утилизацией разных видов автономных мобильных роботов и определена эффективность их рециклинга.

Подписной индекс: 88852
Издательство АО «Институт фундаментальных системных исследований»
140080, Московская обл., г. Лыткарино, ул. Парковая, д. 1
Тел.: +7 (495) 941-62-72
E-mail: mail@systemology.ru

ВЫХОДИТ С ОКТЯБРЯ 2011 г.

СЛОЖНЫЕ СИСТЕМЫ

МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

Октябрь – Декабрь **№ 4 (41), 2021**

Главный редактор Иванов О.П. (к.г.-м.н., МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия)
Зам. главного редактора Князева Е.Н.(д.филос.н., профессор, НИУ ВШЭ, Москва, Россия)
Ответственный секретарь Старцев В.В. (Институт системологии, Лыткарино, Россия)

Редакционный Совет

Боголепова И.Н. (академик РАН, д.мед.н., проф., зав.лаб. научного Центра неврологии РАМН, Москва, Россия); **Гершензон К.** (д.ф.-м.н. (PhDr), проф. Национального автономного университета города Мехико, Мексика); **Эрди П.** (д.ф.-м.н. (PhDr), Центр по исследованию сложных систем в Колледже Каламазу, штат Мичиган, США); **Игамбердиев А.У.** (д.б.н.(PhDr), проф. факультета биологии Университета Ньюфаундленда, Канада); **Майнцер К.** (д.филос.н.(PhDr), зав. каф. философии и теории науки Технического университета Мюнхена, президент Германского общества сложных систем и нелинейной динамики, Мюнхен, Германия); **Малинецкий Г.Г**. (д.ф.-м.н., проф., Институт прикладной математики (ИПМ) им. М. В. Келдыша РАН, Москва, Россия); **Панин В.Е.** (академик РАН, д.ф.-м.н., проф., Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск, Россия); **Поспелов И.Г.** (чл.-кор. РАН, д.ф.-м.н., проф., зав. отделом Вычислительного центра им. А.А. Дородницына РАН, Москва, Россия); **Хофкирхнер В.** (д.филос.н. (PhDr), президент Центра Берталанфи по изучению науки о системах, Вена, Австрия)

Редакционная коллегия

Голиченков В.А. (д.б.н., проф., МГУ, Москва, Россия); **Клиге Р.К.** (д.геогр.н., проф., МГУ, Москва, Россия); **Куркина Е.С.** (д.ф.-м.н., МГУ, Москва, Россия); **Магницкий Н.А.** (д.ф.-м.н., проф., МГУ, Москва, Россия); **Мелехова О.П.** (д.б.н., МГУ, Москва, Россия); **Ризниченко Г.Ю.** (д.ф.-м.н., проф., МГУ, Москва, Россия); **Сафьянов Г.А.** (д. геогр. н., проф., МГУ, Москва, Россия); **Суриков В.В.** (д.ф.-м.н., проф., МГУ, Москва, Россия); **Чуличков А.И.** (д.ф.-м.н., проф., МГУ, Москва, Россия); **Шанявский А.А.** (д.т.н., проф., ФАУ «Государственный центр «Безопасность полетов на воздушном транспорте», Москва, Россия), **Кирилишина Е.М.** (к.г.-м.н., МГУ, Москва, Россия; технический редактор); **Наместникова А.В.** (Институт системологии, Лыткарино, Россия; выпускающий редактор).

УЧРЕДИТЕЛЬ: АО «Институт фундаментальных системных исследований», 2020

Междисциплинарный научный журнал «СЛОЖНЫЕ СИСТЕМЫ» зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор).
Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС77-42729 от 25.11.10 г.
Регистрационный номер внесения изменений в запись о регистрации СМИ ПИ № ФС77-73604 от 31.08.2018 г. **ISSN № 2220-8569**

Сдано в набор 27.12.2021. Подписано в печать 27.12.2021. Формат 60×88 1/8. Бумага офсетная. Гарнитура таймс. Печать лазерная. Усл. печ. л. 10,8. Тираж 60 экз. Заказ **2861**. Цена свободная.
Издательство: АО «Институт фундаментальных системных исследований»
Адрес редакции и издательства: 140080, Московская обл., г. Лыткарино, ул. Парковая, д. 1
Тел.: +7(495) 941-62-72; *thecomplexsystems.ru*; e-mail: *mail@systemology.ru*
Подписной индекс **88852**

Периодичность: 4 раза в год

Компьютерная верстка: АО «Институт фундаментальных системных исследований»
Типография АО «ВПК «НПО машиностроения», 143966, Московская область, г. Реутов, ул. Гагарина, 33.

© АО «ИФСИ», 2021
© Коллектив авторов, 2021

Перепечатка и перевод статей – только со ссылкой на журнал

FIRST PUBLISHED: **October 2011**

THE COMPLEX SYSTEMS

SLOZHNYE SISTEMY

Interdisciplinary Scientific Journal

October - December № 4 (41), 2021

Editor in Chief Ivanov O.P. **(**Lomonosov MSU, Moscow, Russia)
Deputy chief Editor Knyazeva H.N. (NRU HSE, Moscow, Russia)
Assistant Editor Startsev V.V. **(**Institute of Systemology, Lytkarino, Russia)

Editorial council

Bogolepova I.N. (Research Center of Neurology RAMS, Moscow, Russia);
Gershenson C. (National Autonomous University of Mexico, Mexico);
Erdi P. (Center for Complex Systems Studies of Kalamazoo College, Michigan, United States);
Igamberdiev A.U. (Memorial University of Newfoundland, Canada);
Mainzer K. (Munich Center for Technology in Society, Munich, Germany);
Malinetskii G.G. (Keldysh Institute of Applied Mathematics, Moscow, Russia);
Panin V.E. (Institute of Strength Physics and Materials Science, SB RAS, Tomsk, Russia);
Pospelov I.G. (Dorodnicyn Computing Centre, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia);
Hofkirchner W. (Bertalanffy Center for the Study of Systems Science (BCSSS), Vienna, Austria)

Editorial board

Golichenkov V.A. (MSU, Moscow, Russia); **Klige R.K.** (MSU, Moscow, Russia); **Kurkina E.S.** (MSU, Moscow, Russia); **Magnitskii N.A.** (MSU, Moscow, Russia); **Melekhova O.P.** (MSU, Moscow, Russia); **Riznichenko G.Yu.** (MSU, Moscow, Russia); **Safyanov G.A.** (MSU, Moscow, Russia); **Surikov V.V.** (MSU, Moscow, Russia); **Chulichkov A.I.** (MSU, Moscow, Russia); **Schanyavskii A.A.** (State Center Air Transport Flight Safety, Khimki, Moscow region, Russia); **Kirilishina E.M.** (MSU, Moscow, Russia; technical editor); **Namestnikova A.V.** (Institute of Systemology, Lytkarino, Russia; executive editor).

FOUNDER: «Institute of System Science» JSC, 2020

Federal Service for Supervision in the Sphere of Communications, Information Technology and Mass Communications (Roskomnadzor)
Certificate of registration of mass communication media ПИ No. ФС77-42729 as of November 25, 2010
Registration number of changes ПИ No. ФС77-73604 as of August 31, 2018
ISSN No. 2220-8569

Sent for the press 27.12.2021. Format 60×88 1/8. Circulation 60. Order **2861**.
Publishing company: «Institute of System Science» JSC.
Address of Editorial office: 1, Parkovaya st., Lytkarino, Moscow Region, 140080, Russia.
Tel./Fax: +7(495) 941-62-72; ***thecomplexsystems.ru****;* E-mail: ***mail@systemology.ru***
Subscription index in the integrated catalog «Press of Russia» 88852
Frequency: Quarterly

Computer imposition «Institute of System Science» JSC.
Typography: JSC MIC NPO Mashinostroyenia, 33, Gagarin Street, Reutov, Moscow Region, Russia, 143966

© «Institute of System Science» JSC, 2021
© Group of authors, 2021

Reprint and translation of articles only with a link to the journal

СОДЕРЖАНИЕ

Фундаментальные исследования

Торвич В.В. Региональные модели системы человечества. Часть 1. **4**

Эксперименты, открытия, практика

Ильичев В.Ю. Использование нитевидных структур для изучения свойств пиксельных изображений и формирования нового типа. **12**

Дискуссионные аспекты

Покровский В.Н. Об условии стабильности общественных отношений в рыночной экономике. **22**

Старовойтов Е.И. Проблемы утилизации и рециклинга автономных мобильных роботов при их массовом применении. Часть 2. **32**

CONTENTS

Basic researches

Torvich V.V. Regional system models of mankind. Part 1. **4**

Experiments, discoveries, practice

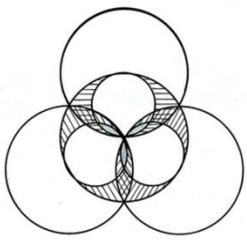
Ilichev V.Y. Using thread-like structures to study pixel image properties and form new type of research systems. **12**

Debatable aspects

Pokrovskii V.N. On the conditions of stability of social relations in the market economy. **22**

Starovoytov E.I. Problems of utilization and recycling of autonomous mobile robots in their mass application. Part 2. **32**

УДК 009



РЕГИОНАЛЬНЫЕ МОДЕЛИ СИСТЕМЫ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА. ЧАСТЬ 1

Торвич В.В.

Редвуд Сити, США; ***vtorvich@yahoo.com***

Аннотация. Целью данной работы является анализ первой региональной модели системы человечества. Эта модель входит в набор из 28 моделей человечества. Элементами этих моделей являются ресурсы или группы ресурсов. Ранее была представлена малая количественная модель системы всего человечества. Под ресурсами мы понимаем инструменты, вещи, качества и методы, которые можно использовать для достижения человеческих целей. В наших моделях системы человечества возможности для действий людей и человечества включены в рассмотрение, а социальные структуры, а также влияние человечества на окружающую среду исключены из рассмотрения.

Всего предложено 26 региональных моделей. Это модели ресурсных групп. В статье представлены детали первой региональной модели системы человечества и график развития на протяжении жизни первой региональной модели. В совокупности региональные модели составляют большую модель человечества.

Эта статья носит междисциплинарный характер, поскольку в ней рассматриваются вопросы, связанные со сложными системами и историей человечества.

Ключевые слова: сложные системы, человечество, история человечества, модель, региональная модель, новые ментальные образы.

ВВЕДЕНИЕ И ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Количественный анализ малых и частично больших моделей сложной системы человечества проводился ранее [1, 2, 3, 4]. Именованные модели состоят из абстрактных дискретных элементов, то есть ресурсов или групп ресурсов. В дальнейшем мы будем использовать термин «элементы» вместо терминов «компоненты» или «группа компонентов», которые использовались в [1]. В интересах точности мы будем считать подтвержденную дату первого появления искусства с изображением фигур частично людей, частично животных, т.е. 42000 г. до н.э. [5, 6], как дату начала истории человечества.

В этой статье рассматриваются ресурсы, появившиеся после начала истории человечества. Под ресурсами мы подразумеваем «неограниченные ресурсы», которые не уменьшаются со временем и по мере использования. Например, ресурс «Массовое производство» не истощается из-за того, что некоторое количество автомобилей или компьютеров было произведено несколькими компаниями. Названный анализ проводился с использованием малой модели системы человечества, то есть модели с использованием ресурсных групп. В ходе истории человечества количество ресурсов в каждой такой группе росло, то есть состав этих групп ресурсов расширялся с одного основного ресурса до набора ресурсов.

Из 28 моделей одна – малая модель системы человечества, была представлена [1, 2, 3, 4]. Целью данной работы является анализ первой региональной модели системы человечества. Детали других моделей будут описаны в дальнейших статьях.

1. НАБОР РЕГИОНАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ

Каждая группа ресурсов имеет свою продолжительность жизни. Она длится с момента появления первичного ресурса в группе до текущего времени. В совокупности региональные модели составляют большую модель человечества. В следующей серии статей мы кратко рассмотрим каждую региональную модель в хронологическом порядке их появления. Хроника появления первых четырех групп ресурсов в истории человечества с 42000 г. до н.э. по 10500 г. до н.э. представлена в Таблице 1.

Таблица 1. *Хроника появления первых четырех групп ресурсов в истории человечества с 42000 г. до н.э. по 10500 г. до н.э.*

	Группа Ресурсов	**Дата появления**	**Лит.**
1	**Новые ментальные образы**	42000 г. до н.э.	6, 10
2	**Искусство и музыка**	42000 г. до н.э.	6, 10
3	**Искусственные материалы, вещества, организмы**	34000 г. до н.э.	7, 14
4	**Одомашненные растения и животные**	10500 г. до н.э.	9

В этой статье мы рассмотрим первую региональную модель системы человечества. Это модель группы ресурсов «Новые ментальные образы», которая возникла в 42000 году до нашей эры. Между 42000 и 10500 годами до нашей эры возникли четыре группы ресурсов.

2. РЕГИОНАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ “НОВЫЕ МЕНТАЛЬНЫЕ ОБРАЗЫ”

Первая группа ресурсов, “Новые ментальные образы”, отличается от всех других групп ресурсов. Все остальные группы ресурсов, от № 2 до № 26, были разработаны самим человечеством.

“Новые ментальные образы”, о которых мы говорим, — это ментальные образы, которыми люди делятся с другими людьми. В противном случае мы бы ничего не знали о каких-либо конкретных новых ментальных образах. Однако термин “Новые ментальные образы” не подчеркивает это “совместное использование”, потому что обмен ментальными образами отделен от способности генерировать эти ментальные образы.

Новые ментальные образы были новы, когда они впервые были созданы некоторыми людьми. Затем эти образы были переданы другим людям. Если чей-то личный новый ментальный образ не передается в какое-то сообщество – тогда об этом никто не знает. Если вы не знаете об этом, значит, вы не сможете использовать его так или иначе. Таким образом, это бесполезно для человечества. Само собой разумеется, что человечество использует ментальные образы, которыми люди поделились друг с другом.

Мы продолжим использовать термин “новый” как для первого появления нового ментального образа, так и после того, как им поделились с другими людьми.

Способность создавать новые ментальные образы была дарована людям природой, и затем человечество широко использовало эту способность. Что это за образы, как они были созданы, как мы можем их идентифицировать и отличать от всего остального, и как мы можем их посчитать? На эти вопросы нет однозначных ответов. За ответами на первые два вопроса мы обратимся к неврологу Андрею Вишинскому.

Он выдвинул гипотезу [19]. Эта гипотеза связана с процессом создания новых ментальных образов. Процесс создания образов или мыслей в нашей голове увлекателен. Конечно, это сложный процесс. Речь идет о способности мысленно синтезировать образы, которых никто раньше не видел. Андрей назвал процесс ПФС. Это сокращение от слов "префронтальный синтез". Подробности ПФС выходят за рамки этой статьи.

Что люди могли делать с «новыми ментальными образами»? Миллион вещей. Взгляните на малую часть этих образов, выраженную словами. Деревни, города и страны. Любовь, чувства, сострадание. Мы используем эти слова во всех уголках каждого общества, мы говорим о них друг другу. Эти ментальные образы везде, куда ни глянь.

Мы используем тысячи и тысячи новых ментальных образов. Как измерить количество этих образов?

Каждый ментальный образ представлен своим именем в наших языках. Это имя - слово, которое мы связываем с этим конкретным новым ментальным образом. Самый короткий способ описать демократию – использовать слово "демократия".

Потенциальный верхний предел элементов в группе ресурсов "Новые мысленные образы" представлен в Таблице 2.

Таблица 2. *Потенциальный верхний предел элементов в группе ресурсов "Новые мысленные образы". Словарь английского языка и его предшественников, в тысячах слов.*

	Потенциальный верхний предел количества элементов (в тысячах слов)	**Время записи**	**Лит.**
1	**0.1** (Первый язык) (Условное значение – только для обозначения наличия языка в это время)	42000 г. до н.э.	-
2	**74** (Англосаксонский язык)	1050	8, 16
3	**21.8** (Среднеанглийский язык)	1575	17
4	**66.3** (Ранний современный английский язык)	1650	17
5	**544** (Современный английский язык)	1900	15
6	**597** (Современный английский язык)	1950	15
7	**470** (Современный английский язык)	1993	12, 20
8	**600** (Современный английский язык)	2008	5
9	**1,022** (Современный английский язык)	2010	12

Изучение соотношения слов и ментальных образов – сложная проблема и предмет многочисленных дискуссий между учеными [11, 13, 18]. Не каждое слово в словаре представляет собой новый ментальный образ. Мы сосредоточимся на возможном верхнем пределе количества новых ментальных образов. Этот возможный верхний предел может быть близок к количеству слов в словаре языка. Фактическое количество новых ментальных образов, конечно, будет меньше верхнего предела. Однако кривая верхнего предела будет индикатором тенденции во времени в количестве новых ментальных образов. Это будет простая, но очень неточная мера количества новых ментальных образов.

Количество слов в словарях известно. Однако существуют тысячи и тысячи языков. Мы должны выбрать последовательность из них, на которую будем опираться. Другими словами, наш счет будет приблизительным. Нам повезло, что наша цель - получить приблизительную оценку, а не точную цифру.

Какой язык в настоящее время в основном используется на международном уровне? Английский. Мы можем использовать английские словари и словари языков-предшественников, чтобы узнать, сколько слов было на этих языках в определенный момент времени. На рисунке 1 показано общее количество различных слов в английском языке и его предшественниках по сравнению с ростом населения с течением времени.

У ученых нет оценок того, насколько велик был словарный запас Sapiens 44 тысячи лет назад. Ученые также не знают, какой язык (языки) использовались в то время. Однако это обстоятельство не влияет на наш анализ. Для нас важна форма кривой размера словарного запаса. Фактический размер словарного запаса в какой-то момент времени не так важен. Обратите внимание, что кривая общего количества различных слов в английском языке и словарном запасе их предшественников с течением времени существенно не изменится, независимо от того, составлял ли фактический словарь Sapiens 44 или 12 тысяч лет назад 100 слов, или тысячу слов, или десять тысяч слов.

Из рисунка 1 мы можем сделать вывод, что кривые роста численности населения Sapiens и неточного возможного верхнего предела новых ментальных образов похожи.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе представлена первая региональная модель системы человечества. Обсуждена первая группа ресурсов «Новые ментальные образы». Показано, что кривая возможного верхнего предела новых ментальных образов коррелирует с изменением численности населения.

Мы намерены продолжить работу с количественной моделью.

Автор выражает глубокую благодарность В.Л. Смирнову за помощь в подготовке рукописи к публикации.

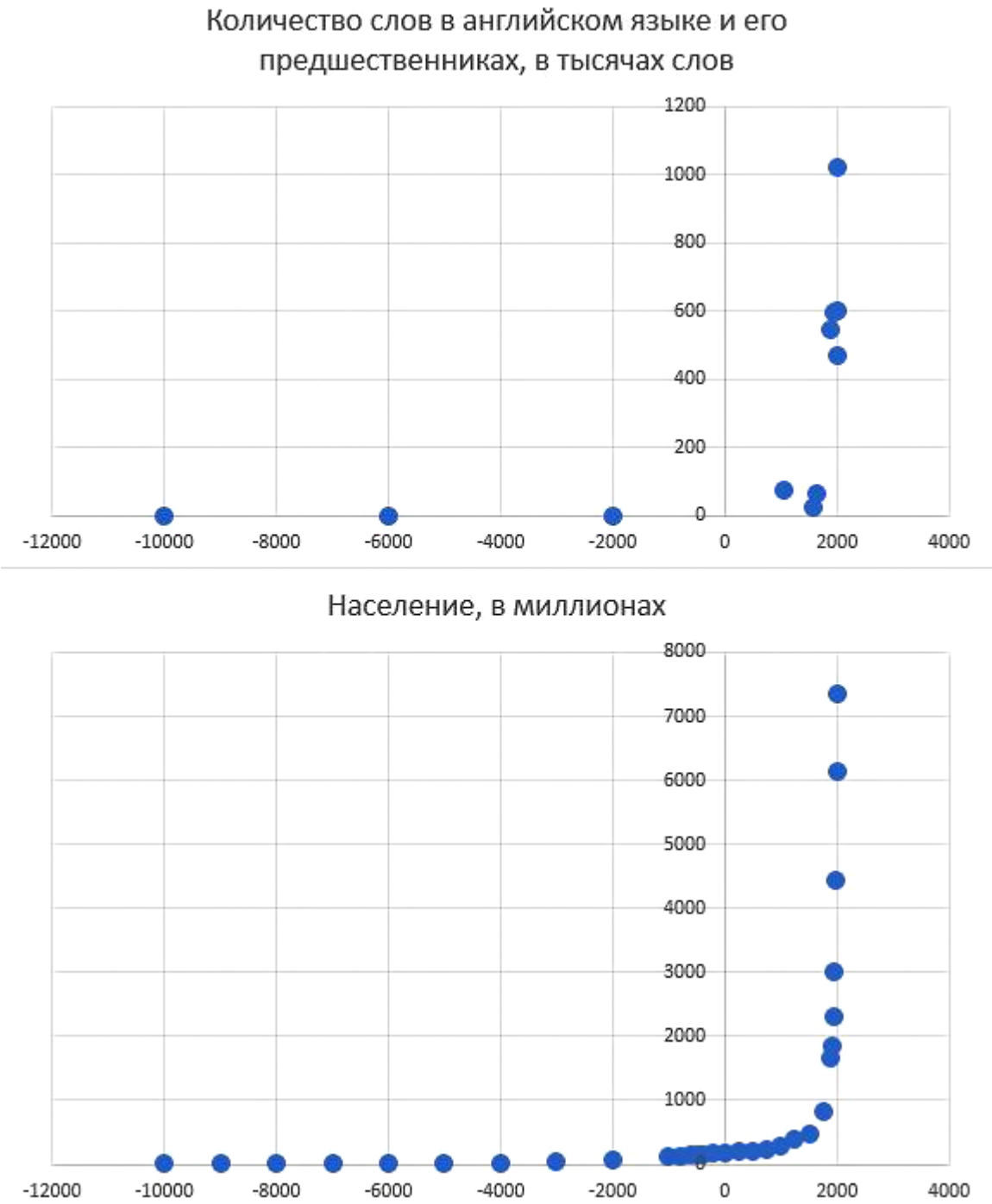


Рис. 1. *Графики роста населения и количества различных слов английского языка и его предшественников.*

По горизонтали - годы. Вверху: история человечества на региональном уровне. Группа ресурсов «Новые ментальные образы». По вертикали - общее количество различных слов английского языка и его предшественников. Использованы данные из таблицы 2. Внизу: Население, в миллионах. Использованы данные из [2].

ЛИТЕРАТУРА

1. Торвич В.В. Человечество как система. Часть 1 // Сложные системы. – 2020. – № 1 (34). – С. 74-91.

2. Торвич В.В. Человечество как система. Часть 2 // Сложные системы. – 2020. – № 2 (35). – С. 49-75.

3. Торвич В.В. Человечество как система. Часть 3 // Сложные системы. – 2020. – № 3 (36). – С. 74-93.

4. Торвич В.В. Модели системы человечества. Сложные системы. – 2021. – № 2 (39). – С. 12-31.

5. About. Oxford English Dictionary. — URL: https://public.oed.com/about/.

6. Aubert M., Lebe R., Oktaviana A.A., Tang M. et al. Earliest hunting scene in prehistoric art // Nature. – 2019. – No. 576 (7787). – P. 442-445. – DOI: 10.1038/s41586-019-1806-y.

7. Balter M. Clothes Make the (Hu)Man // Science. – 2009. – V. 325. – No. 5946. – P. 1329. – DOI: 10.1126/science.325_1329a. PMID 19745126.

8. Biggam C., Bray R., Hough C. et al. Learning with the online Thesaurus of Old English (TOE), Vocabulary of Old English. – URL: https://oldenglishteaching.arts.gla.ac.uk/Units/4_Vocabulary_OE.html.

9. Bollongino R., Burger J., Powell A. et al. Modern Taurine Cattle descended from small number of Near-Eastern founders // Molecular Biology and Evolution. – 2012. – No. – 29 (9). – P. 2101-2104. DOI: 10.1093/molbev/mss092.

10. Charles Q.C. Humanity's Oldest Cave Art Shows Shape-Shifting Supernatural Hunters // Live Science. – 2019. – URL: https://www.livescience.com/oldest-rock-art-supernatural-beings.htm (дата обращения 12.21.2021).

11. Harrison B. “Meaning and Mental Images” // Proceedings of the Aristotelian Society. – 1962. – Vol. 63. – P. 237-250. – JSTOR. – URL: https://www.jstor.org/stable/4544680 (дата обращения 27.01.2021).

12. How many words are there in English? – Merriam-Webster – URL: https://www.merriam-webster.com/help/faq-how-many-english-words (дата обращения 21.12.2021).

13. Kovács É. Polysemy in Traditional vs. Cognitive Linguistic// Eger Journal of English Studies. – 2011. – Vol. XI. – P. 3-19. – URL: https://core.ac.uk/download/pdf/159786966.pdf (дата обращения 21.12.2021).

14. Kvavadze E., Bar-Yosef O., Belfer-Cohen A. et al. 30.000-Year-Old Wild Flax Fibers // Science. – 2009. – No. 325 (5946). – P. 1359. – DOI: 10.1126/science.1175404.

15. Michel J., Shen Y.K., Aiden A.P. et al. Quantitative Analysis of Culture Using Millions of Digitized Books // Science. – 2011. – Vol. 331. – Issue 6014. – P. 76-182. – DOI: 10.1126/science.1199644.

16. Roberts J., Kay C., Grundy L. Thesaurus of Old English (2nd edn). 2 vols. – London, 2000. – P. 1-1596.

17. Simpson J. The first dictionaries of English. Oxford English Dictionary. – 2012. – P. 1-21728 – URL: https://public.oed.com/blog/the-first-dictionaries-of-english (дата обращения 21.12.2021).

18. Vizmuller-Zocco J. Linguistic Creativity and Word Formation // Italica. – 1985. – Vol. 62. – No. 4. – P. 305-310. JSTOR. – URL: www.jstor.org/stable/479110 (дата обращения 27.01.2021).

19. Vyshedskiy A. Development of behavioral modernity by hominins around 70 000 years ago was associated with simultaneous acquisition of a novel component of imagination, called prefrontal synthesis, and conversion of a preexisting rich-vocabulary non-recursive communication system to a fully recursive syntactic language / Research Ideas and Outcomes. – 2019. – April 17. – DOI: 10.3897/rio.5.e38546.

20. Webster's Third New International Dictionary. Unabridged. Philip Babcock Gove (Editor). Merriam-Webster, 1993. – P. 1-2662. – ISBN 978-0877792017.

REGIONAL SYSTEM MODELS OF MANKIND. PART 1

Torvich V.V.

*Redwood City, USA; **vtorvich@yahoo.com***

Abstract. The objective of this work is to analyze the first regional model of the humankind system. That model is a part of a set of 28 models of humankind. Elements of those models are resources, or resource groups. A small quantitative model of a whole mankind system was previously presented. By resources we mean tools, things, qualities and methods that can be used to achieve human goals. In our models of the system of humanity the opportunities for the actions of people and humanity are included in the consideration, and social structures, as well as the impact of humanity on the environment, are excluded from consideration.

There are 26 regional models. Those are models of resource groups. This article provides details for the first regional model of the humankind system.

The graph of the development during the lifespan of the first regional model is presented. Altogether regional models comprise a large model of humankind.

This article is interdisciplinary in nature, as it addresses issues related to complex systems and the history of mankind.

Key words: complex systems, humanity, history of mankind, model, regional model, novel mental images.

REFERENCES

1. Torvich V.V. Humanity as a system. Part 1. *Slozhnyye systemy [The complex systems]*. 2020. No. 1 (34). P. 74-91. URL: https://thecomplexsystems.com/wp-content/uploads/2020/07/172020.pdf (accessed on 30.07.2020).

2. Torvich V.V. Humanity as a system. Part 2. *Slozhnyye systemy [The complex systems]*. 2020. No. 2 (35). P. 49-75. URL: https://thecomplexsystems.com/wp-content/uploads/2020/10/ss-2-8-2020.pdf (accessed on 14.08.2020).

3. Torvich V.V. Humanity as a system. Part 3. *Slozhnyye systemy [The complex systems]*. 2020. No. 3 (9). P. 69-85. URL: https://thecomplexsystems.com/wp-content/uploads/2021/02/3-9-2020.pdf (accessed on 14.08.2020).

4. Torvich V.V. Models of humankind system. *Slozhnyye systemy [The complex systems]*. 2021. No. 2 (39). P. 12-31. URL: https://thecomplexsystems.ru/wp-content/uploads/2021/2/2-39-2021.pdf (accessed on 30.06.2021).

5. About. Oxford English Dictionary. URL: https://public.oed.com/about/ (accessed on 14.08.2020).

6. Aubert M., Lebe R., Oktaviana A.A., Tang M. et al. Earliest hunting scene in prehistoric art. *Nature.* 2019. No. 576 (7787). P. 442-445. DOI: 10.1038/s41586-019-1806-y.

7. Balter M. Clothes Make the (Hu)Man. *Science*. 2009. V. 325. No. 5946. P. 1329. DOI: 10.1126/science.325_1329a. PMID 19745126.

8. Biggam C., Bray R., Hough C. et al. Learning with the online Thesaurus of Old English (TOE). Vocabulary of Old English.
URL: https://oldenglishteaching.arts.gla.ac.uk/Units/4_Vocabulary_OE.html.

9. Bollongino R., Burger J., Powell A. et al. Modern Taurine Cattle descended from small number of Near-Eastern founders. *Molecular Biology and Evolution*. 2012. No. 29 (9). P. 2101-2104. DOI: 10.1093/molbev/mss092.

10. Charles Q.C. Humanity's Oldest Cave Art Shows Shape-Shifting Supernatural Hunters. *Live Science*. 2019. URL: https://www.livescience.com/oldest-rock-art-supernatural-beings.htm (accessed on 21.12.2021).

11. Harrison B. Meaning and Mental Images. *Proceedings of the Aristotelian Society*. 1962. Vol. 63. P. 237-250. JSTOR. URL: https://www.jstor.org/stable/4544680 (accessed on 27.01.2021).

12. How many words are there in English? Merriam-Webster URL: https://www.merriam-webster.com/help/faq-how-many-english-words (accessed on 21.12.2021).

13. Kovács É. Polysemy in Traditional vs. Cognitive Linguistic. *Eger Journal of English Studies*. 2011. Vol. XI. P. 3-19. URL: https://core.ac.uk/download/pdf/159786966.pdf (accessed on 21.12.2021).

14. Kvavadze E., Bar-Yosef O., Belfer-Cohen A. et al. 30.000-Year-Old Wild Flax Fibers. *Science*. 2009. No. 325 (5946). P. 1359. DOI: 10.1126/science.1175404.

15. Michel J., Shen Y.K., Aiden A.P. et al. Quantitative Analysis of Culture Using Millions of Digitized Books. *Science*. 2011. Vol. 331. Issue 6014. P. 76-182. DOI: 10.1126/science.1199644.

16. Roberts J., Kay C., Grundy L. Thesaurus of Old English (2nd edn). 2 vols. London, 2000. – P. 1-1596

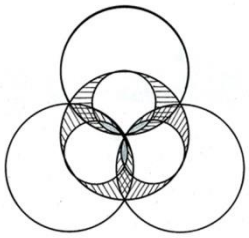
17. Simpson J. The first dictionaries of English. Oxford English Dictionary. 2012. P. 1-21728. URL: https://public.oed.com/blog/the-first-dictionaries-of-english (accessed on 21.12.2021).

18. Vizmuller-Zocco J. Linguistic Creativity and Word Formation // Italica. 1985. Vol. 62. No. 4. P. 305-310. JSTOR. URL: www.jstor.org/stable/479110 (accessed on 27.01.2021).

19. Vyshedskiy A. Development of behavioral modernity by hominins around 70 000 years ago was associated with simultaneous acquisition of a novel component of imagination, called prefrontal synthesis, and conversion of a preexisting rich-vocabulary non-recursive communication system to a fully recursive syntactic language. *Research Ideas and Outcomes*. 2019. April 17. DOI: 10.3897/rio.5.e38546.

20. Webster's Third New International Dictionary. Unabridged. Philip Babcock Gove (Editor). Merriam-Webster, 1993. P. 1-2662. ISBN 978-0877792017.

УДК 004.045



ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НИТЕВИДНЫХ СТРУКТУР ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ СВОЙСТВ ПИКСЕЛЬНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ И ФОРМИРОВАНИЯ НОВОГО ТИПА ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ СИСТЕМ

Ильичев В.Ю. (к.т.н., доц.)

Калужский филиал ФГОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», г. Калуга, РФ; ***patrol8@yandex.ru***

Аннотация. Разработана методика преобразования пиксельных изображений с целью формирования нового типа структур – названных автором нитевидными, обладающих свойством выявлять существенные особенности преобразуемых объектов. Также разработана программа на языке Python с использованием модуля компьютерного зрения OpenCV и модуля работы с массивами данных Numpy, позволяющих эффективно обрабатывать исходные пиксельные изображения и визуализировать сформированные на их основе нитевидные отображения. Описаны как принципы разработанного метода, так и основные действия, осуществляемые в ходе исполнения кода программы. Созданная программа отличается простотой использования и возможностью регулирования шага расположения нитей.

По результатам экспериментов по обработке большого количества разнородных изображений и анализа полученных результатов сделаны выводы и даны рекомендации по перспективам применения нитевидных структур в различных сферах науки и искусства. Особое внимание уделено преобразованию широко распространённых в природе фрактальных изображений. Также рассмотрено потенциальное удобство применения разработанных нитевидных структур при совершенствовании процедур распознавания нечётких изображений (в том числе с использованием нейросетей), например, полученных со спутников.

Ключевые слова: пиксельное изображение; нитевидная структура; визуализация особенностей объектов; фракталы; язык Python; модуль OpenCV.

1. ВВЕДЕНИЕ И ФОРМУЛИРОВАНИЕ ЦЕЛИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Потребности проектирования и физической реализации всё более сложных систем разных типов диктуют необходимость соответствующей разработки принципиально новых подходов и методов исследований. Расширение круга приёмов исследования сложных систем позволяет учёным использовать различные методы для получения наиболее соответствующих реальности результатов при решении научной проблемы. В результате в настоящее время это приводит к появлению и успешному использованию таких технологий, которые были ранее немыслимы, а во многих случаях считались даже абсурдными [4].

Целью данной работы является разработка принципиально нового метода исследования образов объектов – пиксельных изображений, позволяющего наглядно отобразить некоторые их неявные свойства. Также данный метод способен из существующих пиксельных изображений сформировать абсолютно новый класс визуальных систем, условно названных автором нитевидными, т.к. они формируются

из набора «ниток» – прямых линий, соединяющих противоположные стороны изображения. Автора на такую мысль натолкнула аналогия из живой природы – строение паучьих сетей, в которых прослеживаются фрактальные структуры, обладающие к тому же особыми свойствами – например, малым расходом «строительного материала» и при этом необычайной прочностью [1]. Кристаллическая структура многих веществ также формируется в виде нитей. Считается, что даже структура наблюдаемой части Вселенной состоит из нитевидных галактик, между которыми находятся видимые пустоты [6].

Автору представляются следующие перспективные сферы применения исследуемой методики:

1. Для обнаружения и классификации объектов, обладающих определённым видом получаемых в результате обработки их изображений нитевидных структур: например, фракталов [3], предметов с характерным профилем и многих других. Для этого предварительно необходимо дополнительно создать базу данных, содержащую образцы нитевидных структур, характеризующих вид каждого объекта. Такое обнаружение объектов может существенно помочь, например, при обработке изображений, полученных со спутников [7].

2. Для достаточно простого и эффектного метода создания произведений искусства – картин из ниток (при варьировании их цвета и толщины можно создавать интересные визуальные эффекты).

3. Новая методика может стать отправной точкой для исследования свойств пересечений не только физически сформированных нитей, но и лучей, характеризующих направление распространения и областей концентрации энергии разных видов, т.к. на получаемых нитевидных изображениях формируются зоны сгущения и разрежения (что в данном случае является наглядной аналогией между реальными и энергетическими нитями). Например, по общепринятому описанию процесса эволюции Вселенной нити галактик формируются вдоль скоплений так называемой тёмной материи (характеризующих одну из энергетических форм). Предполагается, что именно тёмная материя ответственна за макроструктуру Вселенной.

4. Для обучения приёмам программирования, применяемым для преобразования пиксельных изображений и позволяющих достаточно простыми и при этом совершенными средствами получить весьма сложные трансформации структур, приобретающих при этом абсолютно новые формы.

2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Идея создания нитевидных структур состоит в следующем:

1. Каждая сторона изображения по горизонтальной оси x разбивается на отрезки равной длины (шаг между ними составляет определённое количество пикселей k, задаваемое в настройках), формируя «начальные точки прикрепления нитей».

2. Разрешение обрабатываемого изображения (количество пикселей по каждой из осей) уменьшается в k раз.

3. Начальная точка прикрепления первой нити мысленно соединяется с первой точкой на противоположной стороне изображения, после чего складываются

численные значения всех ближайших пикселей на этом пути. Число таких путей соединения начальной и конечных точек будет равно количеству пикселей горизонтальной стороны исходного изображения, делённому на k, по количеству конечных точек. Сумма значений пикселей для всех путей заносится в массив, а затем из полностью сформированного по всем путям массива выбирается адрес пути, для которого сумма получилась максимальной – этот путь и определяет конечную точку прикрепления первой нити. Описанная операция выполняется для нитей, выходящих из всех начальных точек.

В результате получается, что каждая из нитей, прикрепляемая с одной стороны в каждой начальной точке, все из которых находятся на одинаковом расстоянии, соединяется с такой конечной точкой, которой соответствует максимум «интенсивности» (суммарной темноты пикселей) изображения в данном направлении.

4. Вышеописанный порядок операций применяется также к нитям, начинающимся в нижней части изображения по оси x, но заканчивающимся в верхней части изображения.

5. Такой же порядок действий применяется и для оси y с началом нитей с левой и правой стороны изображения, и с окончанием соответственно с правой и левой стороны.

Для реализации указанных действий в применении к пиксельным изображениям отлично подходят средства языка программирования Python.

Рассмотрим этапы алгоритма, реализованного на этом языке:

1. Импорт библиотеки OpenCV [8] – так называемой библиотеки «компьютерного зрения», позволяющей использовать операции обработки и анализа изображений (в данной работе она используется для простоты обработки изображений всего с помощью нескольких команд).

2. Импорт модуля Numpy [9] для работы с массивами данных (наиболее распространённая библиотека в программах обработки данных, т.к. наборы данных в современных исследованиях, тем более связанных с обработкой пиксельных изображений, как правило представляют из себя матрицы).

3. Присвоение значений начальным параметрам (их всего два: первый - это путь и имя исходного файла изображения и второй – расстояние между нитями, или, что одно и то же, между пикселями исходного изображения k).

4. Преобразование формата файла изображения (практически любого, – в исследованиях использовались и файлы jpg, и файлы png – функция библиотеки OpenCV сама определяет нужный набор действий для каждого формата) в массив значений пикселей с координатами (x_i, y_j). Далее массив этих значений (возможно, соответствующих разным цветам) преобразуется для однообразия исследования любых изображений в 8-битную серую гамму (числовые значения от 0 для чёрного цвета до 255 для белого).

5. Создаётся массив меньшего размера, соответствующий уменьшенному изображению при сокращении количества точек в k раз по каждой из сторон изображения (эта операция была описана ранее). Значения цветов, соответствующие элементам данного массива, инвертируются, чтобы более тёмному цвету исходного изображения соответствовало большее значение элемента массива. Дальнейший

порядок операций также соответствует описанной ранее идее создания нитевидных изображений.

Таким, образом, в результате выполнения описанной последовательности действий определяются 4 пары (так как у изображения 4 стороны) номеров начальной и конечной точек нитей по противоположным сторонам изображения. Напомним, что для каждой из начальных точек, находящихся на равном расстоянии на одной стороне изображения, подбирается точка на противоположной стороне изображения, соответствующая максимальной сумме значений пикселей по пути. Например, если складываются значения пикселей по пути от оси x_1 до оси x_2, то для каждого x_1 складываются значения пикселей по пути до каждого значения по оси $x2$ (количество складываемых значений равно y_1=y_2). Это проиллюстрировано рисунком 1.

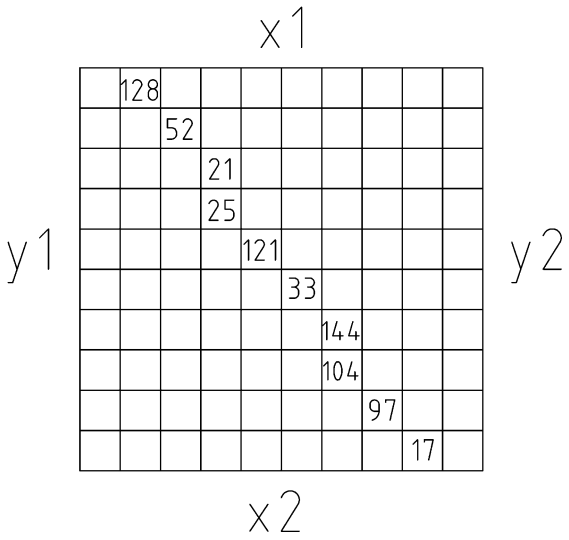


Рис. 1. *Иллюстрация сложения значений пикселей при реализации алгоритма соединения начала и конца нити.*

6. После определения пар координат (начальной и конечной) для каждой из нитей, осуществляется выполнение функции вычисления координат чёрных точек нового изображения (которым присваивается значение), имитирующих изображение нитей. Необходимо отметить возможность принципиально иной, физической, реализации полученной нитевидной структуры – с помощью натягивания реальных нитей, соединяющих точки на поверхности, определённые программой. Эту процедуру можно автоматизировать, например, с помощью простейшего станка с ЧПУ (по типу простейшего ткацкого, но с возможностью выбора начальной и конечной координат соединяемых нитями точек).

7. Изображение полученной нитевидной структуры сохраняется в графический файл, также с помощью команды из библиотеки OpenCV.

Далее перейдём к демонстрации некоторых результатов такого преобразования изображений, их анализу и к заключению о возможном его практическом использовании.

Вначале рассмотрим применение данного метода для идентификации

геометрической структуры объектов, в частности, для выявления определённых закономерностей. На рис. 2 приведено довольно нечёткое изображение стула (взятой из сети интернет), и полученная для него нитевидная структура при расстоянии между нитями k=5 пикселей.

Рис. 2. *Пример идентификации графической структуры объекта с помощью нитевидной структуры.*

Рисунок отчётливо выявляет квадратно-плоскостную структуру, характерную для рассматриваемого объекта. Причём, надо отметить, что структура объектов чётко определяется даже при небольшом количестве нитей (при большем расстоянии между ними, чем было принято в численном эксперименте).

Рассмотрим полученную с помощью разработанного метода конкретную актуальную задачу выявления определённых объектов на изображениях, полученных, например, со спутников. Образы искомых объектов на таких изображениях могут маскироваться окружающей обстановкой, а сами изображения могут быть смазаны, затемнены либо зашумлены. Покажем, как выглядит искусственно зашумлённое и затемнённое изображение самолёта, идентифицируемого с помощью нитевого метода при разном расстоянии k – равном, соответственно 5 и 10 (рис. 3).

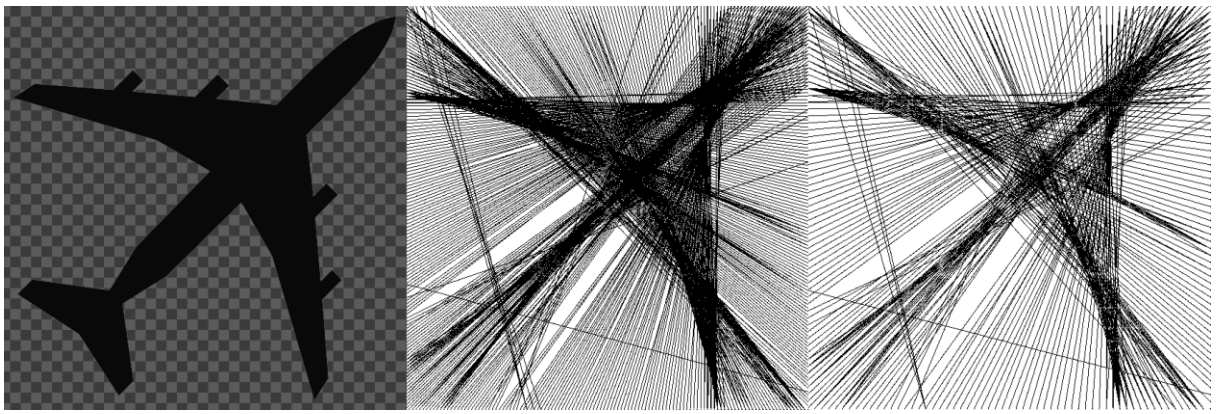


Рис. 3. *Идентификация изображения самолёта при разном шаге расположения концов нитей.*

Прекрасно видно, что даже при большом шаге нитей данное изображение идентифицируются довольно отчётливо, к тому же лишается искусственно созданных дефектов.

Также разработанный метод очень нагляден при демонстрации преобразования фрактальных изображений. Рассмотрим это на двух примерах – создания нитевидного отображения ковра и треугольника Серпинского (рис. 4 и 5).

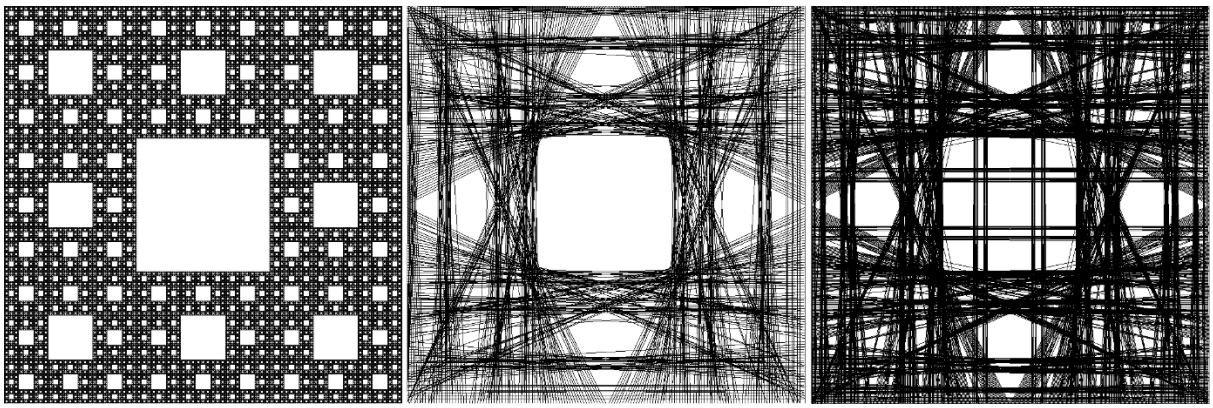


Рис. 4. *Преобразование ковра Серпинского в нитевидное отображение при шаге между нитями 5 и 2.*

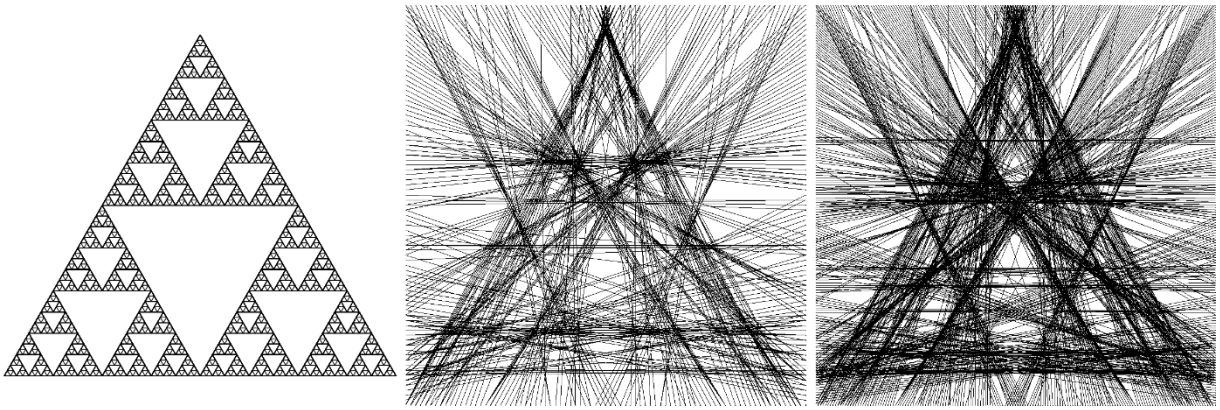


Рис. 5. *Преобразование треугольника Серпинского в нитевидное отображение при шаге между нитями 10 и 5.*

По представленным нитевидным отображениям фрактальных объектов можно сделать вывод, что выбранный шаг нитей по сторонам изображения мало влияет на получаемую в результате картину, однако в любом случае выявляет существенные особенности фрактальной структуры, представляя, однако, их в другом виде. При этом идентификационные и размерные особенности фрактальных объектов сохраняются. Например, на нитевидных структурах рис. 4 и 5 видны области того же размера и формы, что на исходном изображении, однако они не запутаны в структуре, а явно выделяются. Такое выявление деталей важно при идентификации объектов с помощью нейросетей. Поэтому, будет очень полезным попробовать повторить создание и использование некоторых описанных в литературе нейросетевых моделей [5], но уже с предварительным нитевидным их преобразованием.

Следующей интересной особенностью нитевидных структур, сформированных из фрактальных изображений, также является их фрактальная структура, использующая, однако, для своего формирования на плоскости гораздо меньшее количество координат (только координаты начала и окончания нитей, независимо от разрешения изображения). Ещё одним преимуществом нитевидного отображения является его неограниченная масштабируемость (так как при любом масштабе количество нитей, а соответственно и координат их начала и окончания будет одинаковым). Так как для нас важны только координаты начала и окончания каждой нити (линии), то получается, что разработанная методика может преобразовать пиксельную (точечную) структуру в векторную.

Рассмотрим преобразование ещё одной, очень сложной, геометрической фрактальной структуры – фрактального дерева [2] в нитевидное изображение (рис. 6).

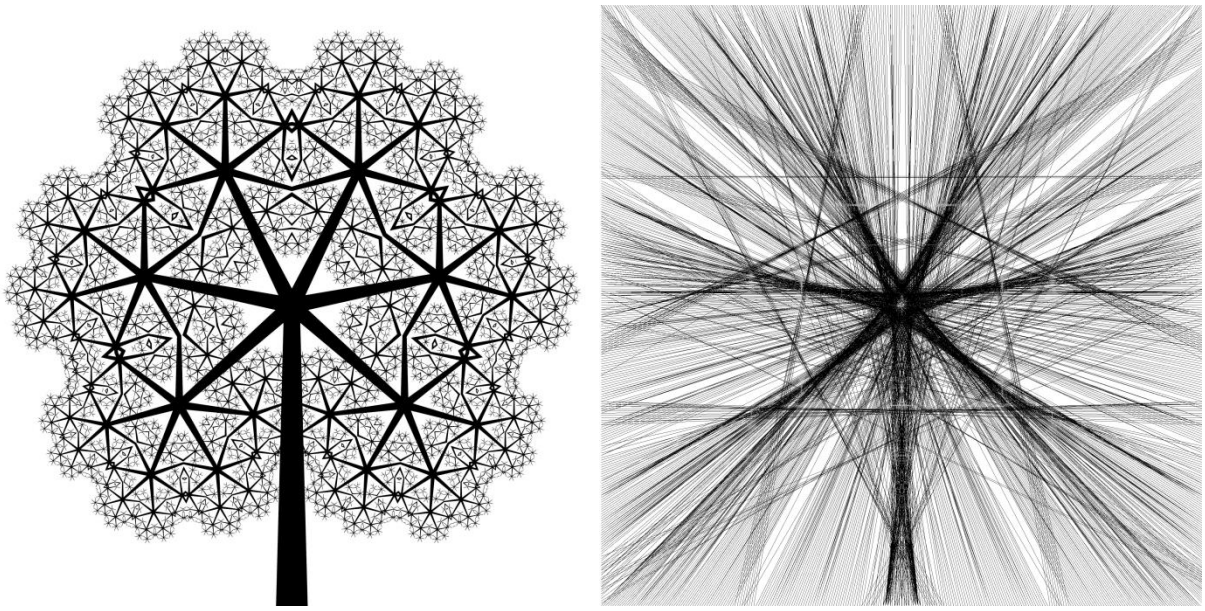


Рис. 6. *Преобразование изображения фрактального дерева в нитевидную структуру с шагом 10.*

В данном случае фрактальная структура также передаётся, но теряются мельчайшие его детали. Однако, получается новый весьма интересный визуальный эффект, который характеризуется «глубиной погружения», подобно анимационному эффекту перемещения во Вселенной. При этом одна фрактальная структура преображается в другую, не менее примечательную.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Можно привести множество прочих интересных примеров обработки пиксельных изображений с их преобразованием в нитевидные структуры. Однако, по уже продемонстрированным примерам применения результатов проведённого исследования можно сделать следующие выводы и заключения:

1. Создан новый вид математического преобразования изображений, позволяющий достичь несколько новых результатов: во многих случаях выявить или более явно отобразить закономерности в структуре изображения, произвести их

классификацию, и при этом уменьшить размер файлов пиксельных изображений в случае преобразования их в векторные нитевидные.

2. Возможно, данное исследование может послужить основой для нового вида искусства, особенно интересного в случае натягивания физически существующих нитей между вычисленными точками их начала и окончания с применением автоматизированных технологий (простейшего робота). В случае автоматизации интересным будет создание дополнительных технологий соединения точек, визуальный эффект от использования различной толщины и цвета нитей и т.п. – при этом открывается огромный простор для творчества.

3. Так как сам принцип использования нитевидных структур подсказан природой, то можно предположить, что расширение сфер его использования позволит достаточно простыми способами решать очень сложные задачи. Этот постулат можно подтвердить тем фактом, что, хотя сами нитевидные модели являются простыми, однако они позволяют создавать огромное множество самых разнообразных (к тому же изначально некоторым образом упорядоченных) структур.

4. Перспективным представляется использование разработанных структур как в гражданской, так и в военной технике для распознавания скрытых (или по крайней мере не явно выраженных) объектов.

Описанная в данной статье программа размещена на сайте автора [10] для свободного использования, модификации и применения в любых сферах науки и искусства. Очень хотелось бы, чтобы на данную методику обратили внимание серьёзные исследователи, занимающиеся решением вышеописанных и прочих проблем, так как она может помочь сформировать более совершенные описания многих типов сложных структур (начиная от строения кристаллических решёток веществ, и вплоть до более совершенного описания структуры Вселенной).

4. ВЫВОДЫ

Цели, сформулированные в ходе подготовки работы, полностью выполнены: разработана методика формирования нитевидных структур из пиксельных изображений, а также компьютерная программа для демонстрации сформированных из некоторых изображений нитевидных структур с применением самых современных информационных технологий. В качестве языка программирования выбран Python, характеризующийся наличием мощной библиотеки «компьютерного зрения» (имеющей в своём арсенале все необходимые графические функции) OpenCV. Предусмотрена возможность выбора шага между нитями и использования широкого ряда форматов исходного пиксельного изображения.

Полученные результаты показывают необходимость серьёзной проверки использования метода нитевидных отображений для исследования и моделирования сложных геометрических систем разного вида, обладающих свойствами фрактальности (самоподобия).

Разработанный код программы, представленный на сайте, также позволяет изучать особенности применения современных методов исследований, пригодных для обучения основам создания алгоритмов и программных кодов для графической обработки изображений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аболмасова Л.С. Модифицированная паутина как новый материал для изготовления брони. / Наука молодых – будущее России. Сборник научных статей 3-й Международной научной конференции перспективных разработок молодых ученых: в 6 т. – 2018. – Том 4 – С. 197-201.

2. Гибадуллин А.А. Фрактальные деревья и их использование в компьютерной графике. // Научные исследования. – 2016. – № 1 (2). – С. 10-11.

3. Ильичев В.Ю. Разработка программных средств увеличения изображений с использованием их фрактальных свойств. // Системный администратор. – 2021. – № 1-2 (218-219). – С. 124-127.

4. Ильичев В.Ю., Чухраев И.В., Юрик Е.А. Применение методов компьютерного статистического анализа для прогнозирования потребления электрической энергии. // Информационно-измерительные и управляющие системы. – 2020. – Т. 18. – № 2. – С. 24-32.

5. Ильичев В.Ю., Юрик Е.А Обработка статистических данных методом глубокого обучения с использованием модуля Keras. // Научное обозрение. Технические науки. – 2020. – № 5. – С. 16-20.

6. Кочкаров А.М., Хубиева Д.А.З., Кочкаров Р.А. Структурная модель кластеризации материи во Вселенной // Естественные и технические науки. – 2019. – № 12 (138). – С. 19-27.

7. Лобанов В.В., Сорокин А.Б. Обработка изображений со спутника с помощью сверточных нейронных сетей. // Студенческий вестник. – 2020. – № 13-5 (111). – С. 41-42.

8. Магамедова Д.М. OpenCV – инструмент компьютерного зрения // Тенденции развития науки и образования. – 2020. – № 63-3. – С. 42-48.

9. Ilichev V.Y. Investigation of characteristics of fractal wire antennas made in the form of Koch curve. // European Journal of Natural History. – 2021. – No. 2. – С. 41-46.

10. Программа для преобразования пиксельных изображений в нитевидные структуры. [Электронный ресурс]. URL: http:// http://turbopython.ru/thread (дата обращения 01.06.2021).

USING THREAD-LIKE STRUCTURES TO STUDY PIXEL IMAGE PROPERTIES AND FORM NEW TYPE OF RESEARCH SYSTEMS

Ilichev V.Y. (Cand. Sci. (Engineering), Associate Prof.)
Kaluga Branch of Bauman Moscow State Technical University, Kaluga, Russian Federation;
patrol8@yandex.ru

Abstract. A method of converting pixel images has been developed in order to form a new type of structures – called thread-like by the author, having the ability to identify significant features of transformed objects. A Python program has also been developed using the computer vision module OpenCV and Numpy data array module, which allow efficient processing of original pixel images and visualization of filamentous images formed on their basis. Both the principles of the developed method and the main actions carried out during the execution of the program code are described. The created program is characterized by ease of use and the ability to adjust the pitch of the filaments.

Based on the results of experiments on processing a large number of heterogeneous images and analysis of the obtained results, conclusions were drawn and recommendations were made on the prospects for the use of thread-like structures in various fields of science and art. Particular attention is paid to the transformation of fractal images widespread in nature. The potential usability of the developed thread-like structures in improving the recognition procedures for fuzzy images (including using neural networks), for example, obtained from satellites, was also considered.

Keywords: pixel image; thread-like structure; visualization of features of objects; fractals;

Python language; module OpenCV.

REFERENCES

1. Abolmasova L.S. Modificirovannaya pautina kak novyj material dlya izgotovleniya broni [Modified web as a new material for making armor]. *Nauka molodih - budushhee Rossii*. Collection of scientific articles of the 3rd International Scientific Conference of promising developments of young scientists: in 6 vols. 2018. Vol.4. P. 197-201.

2. Gibadullin A.A. Fraktalnie derevya i ih ispolzovanie v kompyuternoj grafike [Fractal trees and their use in computer graphics]. *Nauchnye issledovaniya*. 2016. No. 1 (2). P. 10-11.

3. Ilichev V.Y. Razrabotka programmnih sredstv uvelicheniya izobrazhenij s ispolzovaniem ih fraktalnih svojstv [Development of software tools to enlarge images using their fractal properties]. *Sistemnyj administrator*. 2021. No. 1-2 (218-219). P. 124-127.

4. Ilichev V.Y., Chuhraev I.V., Yurik E.A. Primenenie metodov kompyuternogo statisticheskogo analiza dlya prognozirovaniya potrebleniya elektricheskoj energii [Application of computerized statistical analysis methods to predict electrical energy consumption]. *Informacionno-izmeritelnye i upravlyayushhie sistemy*. 2020. Vol. 18. No. 2. P. 24-32.

5. Ilichev V.Y., Yurik E.A Obrabotka statisticheskih dannih metodom glubokogo obucheniya s ispolzovaniem modulya Keras [Deep learning statistical data processing using Keras]. *Nauchnoe obozrenie. Tehnicheskie nauki*. 2020. No. 5. P. 16-20.

6. Kochkarov A.M., Hubieva D.A.Z., Kochkarov R.A. Strukturnaya model klasterizacii materii vo Vselennoj [Structural model of clustering of matter in the Universe]. *Estestvennye i tehnicheskie nauki*. 2019. No. 12 (138). P. 19-27.

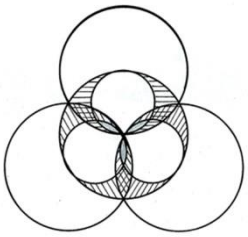
7. Lobanov V.V., Sorokin A.B. Obrabotka izobrazhenij so sputnika s pomoshhyu svertochnyh nejronnyh setej [Satellite image processing using convolutional neural networks]. *Studencheskij vestnik*. 2020. No. 13-5 (111). P. 41-42.

8. Magamedova D.M. OpenCV - instrument kompyuternogo zreniya [OpenCV - computer vision tool]. *Tendencii razvitiya nauki i obrazovaniya*. 2020. No. 63-3. P. 42-48.

9. Ilichev V.Y. Investigation of characteristics of fractal wire antennas made in the form of Koch curve. *European Journal of Natural History*. 2021. No. 2. P. 41-46.

10. Programma dlya preobrazovaniya pikselnih izobrazhenij v nitevidnie struktury [Program for converting pixel images to thread-like structures]. URL: http:// http://turbopython.ru/thread (accessed on 01.06.2021)

УДК 330.42



ОБ УСЛОВИИ СТАБИЛЬНОСТИ ОБЩЕСТВЕННЫХ ОТНОШЕНИЙ В РЫНОЧНОЙ ЭКОНОМИКЕ

Покровский В.Н. (д.ф.-м.н., проф.),
Московский Государственный Университет Экономики, Статистики и Информатики (МЭСИ), Москва, РФ; ***vpok@comtv.ru***

Аннотация. Основываясь на простом макроэкономическом приближении производственной системы как системы, использующей общественные ресурсы, автор обсуждает правила распределения общественного продукта между тремя экономическими субъектами: группой предпринимателей, группой наемных работников и правительством (государственным бюджетом). Предложена схема распределения общественного продукта в соответствии с объемами общественных ресурсов, используемых в производстве. Показано, что предлагаемая схема по сравнению с традиционной схемой налогообложения по прибыли предприятий и доходов физических лиц стимулируют повышение эффективности использования общественных ресурсов и упрощает систему сбора налогов.

Ключевые слова: распределение общественного продукта, эффективность производства, общественные ресурсы, налогообложение.

1. ВВЕДЕНИЕ

Организация общественной хозяйственной деятельности предполагает скоординированную деятельность огромного числа людей, так что производство с доисторических времён имеет общественный характер. Человек исполняет различные роли в системе; прежде всего, человек является инициатором и управляющим всех возможных производственных проектов. В самом простом случае, единственный человек оказывается инициатором, координатором, исполнителем и бенефициаром проекта. При организации более сложных проектов, различные функции выполняются, вообще говоря, различными людьми; при этом возникают общественные (производственные) отношения людей, и возникает проблема распределения созданного общественного продукта по участникам, и проявляются конфликты по поводу этого распределения.

Функционирование производственной системы определяется независимыми от желаний людей объективными экономическими законами; фундаментальным законом любой теории общественного производства является соотношение между выпуском системы Y (предметы и услуги, общественный продукт) и производственными факторами, в качестве которых, кроме затрат труда L – фактора общего для всех теорий, возникает необходимость использования и других величин [6]. При изучении динамики общественного производства [4, 9] было установлено, что выпуск производственной системы Y (общественный продукт) однозначно определяется используемыми в производстве общественными ресурсами (трудовыми усилиями L и работой внешних источников энергии по замещению трудовых усилий P) и существующей в данный

момент технологией производственных процессов, что может быть представлено в различных формах, например, в виде

$$Y = \beta L + \gamma P . \qquad (1)$$

Предполагается, что выпуск (общественный продукт) Y измерен денежными единицами постоянной покупательной способности, то есть при исключении инфляции, при этом предельные производительности β и γ факторов производства определяются используемой технологией, и являются, вообще говоря, функциями отношения производственных факторов P и L, которые оцениваются в единицах энергии. Существенно, что, в отличие от традиционно используемых производственных функций [6], соотношение (1) не содержит каких-либо подгоночных величин.

Распределение общественного продукта происходит по правилам, которые устанавливаются людьми в интересах всех или некоторых избранных участников производственных процессов. Правила записываются и формулируются в законах, утвержденных парламентом, регистрируются в конституции: правила распределения общественного продукта легитимизуются, и жизнь общества (общественные отношения, включая производственные) организовывается таким способом, чтобы гарантировать выполнение зарегистрированных правил. Порядок распределения является результатом общественной самоорганизации и может быть изменен по пожеланиям людей.

Для контроля соблюдения установленных правил существует специальная структура – правительство. Кроме своей конституционной обязанности, центральный управляющий орган (национальное правительство) следит за выполнением некоторых конкретных программ, так или иначе, полезных для всего общества, среди которых, по словам Стиглица и Розенгарда [11], в первую очередь, находим внешнюю и внутреннюю безопасность, исследования и научно-технические разработки, здравоохранение, образование, программы социального обеспечения, а также многое другое. Существуют различные мнения о функциях, которые должны быть централизованы, некоторые исследователи проблемы считают, что роль центральных органов власти должна быть сведена к минимуму: правительство должно устанавливать денежную систему, следить за порядком, судить и защищать; все остальное следует оставить "невидимой руке рынка" [8].

В любом случае правительство по определению имеет определенные обязанности, и для выполнения оных, а также для организации общенациональных программ оно привлекает определенные ресурсы, в основном, в виде налогов от участников производственных процессов и торговых операций. Возникает задача о распределении общественного продукта между участниками производственных процессов и правительством, которое является необходимым участником производственно-распределительной деятельности. В целях упрощения анализа непосредственных участников производства можно разбить на две группы: бизнесмены (предприниматели) и исполнители (наёмные работники), и потому, в грубом приближении, следует рассмотреть задачу распределения общественного продукты между тремя участниками: две группы производителей и правительство

(государственный бюджет), не обращая пока внимания на неработающих членов общества.

Схемы распределения общественного продукта существуют на протяжении веков, налоги являются неотъемлемой составляющей общественной жизни, но время от времени возникают вопросы о принципах налогообложения [2, 11]. Кто или что является субъектом налогообложения: физическое лицо или же производственное предприятие? Должна ли сумма отчисления соответствовать вкладу субъекта в производственный выпуск или же, альтернативно, потреблению субъекта? В данной статье совокупность производственных предприятий рассматривается как система, которая использует общественные ресурсы для производства вещей и услуг, и потому считается естественным, что производители должны компенсировать использованные ресурсы. В разделе 2 обсуждается практика распределения общественного продукта и формулируется условие устойчивого развития общественной системы. Все это позволяет нам предложить новую схему налогообложения, обсуждаемую в разделе 3. Целью работы является обсуждение правил распределения общественного продукта и обоснование условий устойчивого развития общественной системы на основе новой схемы налогообложения.

2. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЩЕСТВЕННОГО ПРОДУКТА

2.1. Прибавочный продукт. Две группы экономически активных людей: бизнесмены-предприниматели и наемные рабочие не могут существовать друг без друга и вместе создают стоимость Y – валовой внутренний продукт, который оценивается в денежных единицах и определяется факторами производства: усилиями работников L и замещающей работой P (см. уравнение 1). Установленное производственное оборудование общей стоимостью K позволяет привлечь к производству общественные ресурсы: рабочую силу и производительную энергию, использование которых, естественно, должно быть компенсировано за счет выпуска продукции Y, если, конечно, организаторы производства не стремятся разрушить систему общественного производства.

Предприниматели как организаторы производства оплачивают эксплуатационные расходы: компенсацию за использование оборудования в виде платы за использование замещающей работы $p = \mu K / P$ (μK – стоимость использованного в процессе производства оборудования, μ -- коэффициент выбытия) и компенсацию за использование рабочей силы -- в виде заработной платы наемных рабочих и служащих w. После вычитания текущих расходов из общественного продукта Y, которое представляем соотношением (1), остается еще некоторое количество продукта, называемое прибавочным продуктом

$$\Delta Y = (\beta - w)L + (\gamma - p)P . \qquad (2)$$

Собственник или арендатор производственного оборудования, как предприниматель, традиционно считается собственником прибавочного общественного продукта, и с этим можно согласиться, поскольку предприниматель является организатором и координатором производственных процессов. Однако

предприниматель должен выполнить важное требование: использованные общественные ресурсы должны быть полностью компенсированы. Считается, что оплата наемных работников w является результатом соглашения между предпринимателем и работниками. Однако обстоятельства привлечения работников таковы, что позволяют предпринимателю занижать уровень заработной платы работников [1]. Бизнесмен стремится максимизировать прибыль и, соответственно, сократить расходы до минимума, при этом оплата труда сотрудников, как правило, не компенсирует все расходы (образование, здравоохранение ...) на восстановление, как говорят, рабочей силы. Аналогичным образом, текущие расходы бизнесмена на техническое обслуживание оборудования или, другими словами, на оплату использования замещающей работы p не полностью компенсируют общественные расходы на исследования и разработку устройств, позволяющих использовать энергию в производственных целях[1]. Очевидно, что какой-то контроль необходим для того, чтобы компенсация использованных общественных ресурсов была полной, при которой система общественного производства не была бы разрушена.

2.2. Проблема распределения. Изучение экономической деятельности показывает, что, вопреки представлению Фридмана [8], общественные ресурсы не компенсируются «невидимой рукой рынка» без какого-либо вмешательства государства в экономическую жизнь; правительство выступает в качестве хранителя и гаранта сохранения социальных ресурсов и регулятора справедливого распределения общественного продукта. Как центральный национальный орган, правительство представляет интересы (внутренняя и внешняя безопасность, инфраструктура, социальные программы, окружающая среда и т. д.) всех членов общества; оно вынуждено заниматься определенным набором стратегических государственных проектов; к примеру, инвестиции в демографические и исследовательские проекты дают эффект при истечении многих лет и, как правило, не привлекают частный бизнес. Более полный комплекс государственных задач должен включать энергетику, транспорт, связь, защиту от эпидемий и стихийных бедствий, дороги, почтовые услуги, образование, информационные услуги, внутреннюю и внешнюю безопасность, социальное страхование, уход за пожилыми людьми и инвалидами, а также заботу об охране окружающей среды. Центральная власть вынуждена организовывать и контролировать национальные проекты, а для этого, так или иначе, должна использоваться часть общественного продукта, создаваемого производственными предприятиями. Кроме того, центральная власть вынуждена вмешиваться в отношения между людьми на основе неопределенного и не всегда адекватного представления о справедливости.

Центральный орган принимает на себя ответственность и получает соответствующие права; для выполнения своих обязанностей правительство вынуждено принудительно изымать некоторую долю общественного продукта Y. Таким образом, в самом элементарном приближении при рассмотрении распределения необходимо учитывать три совокупных экономических субъекта: группу предпринимателей

[1] Этот вид расходов частично компенсируется оплатой за использование изобретений и ноу-хау в производстве с помощью различных патентных и лицензионных схем.

(включая собственников и топ-менеджеров предприятий), группу наемных рабочих и служащих (исполнителей), а также центральный орган (правительство), который по определению представляет национальные интересы, и разделить произведенный общественный продукт на три соответствующие части

$$Y = \Pi + V + T. \qquad (3)$$

Каждый из хозяйствующих субъектов принимает участие в общественном производстве и стремится увеличить свою долю в ограниченном общественном продукте. Экономические субъекты вынуждены сотрудничать друг с другом, чтобы установить распределение, приемлемое для всех. Таким образом, возникает проблема оптимального распределения общественного продукта.

2.3. Условие стабильности. Как можно судить по соотношению (1), предельные производительности β и γ являются средними значениями производства стоимости на единицу использованных ресурсов, истощение которых должно быть возмещено при стабильном существовании общества. Реальные значения непосредственного возмещения за использование наемных работников и замещающей работы w и p обычно занижены в силу различных обстоятельств [1], и для избежания истощения общественных ресурсов следует ввести нормы компенсации d_L и d_P [3]. Таким образом, в соответствии с усилиями рабочих и замещающей работой, используемыми в производстве, распределение общественного продукта между группой предпринимателей, группой наемных работников и правительством должно быть установлено, соответственно, следующим образом:

$$\begin{aligned} \Pi &= (\beta - w - d_L)L + (\gamma - p - d_P)P \\ V &= wL \\ T &= d_L L + (p + d_P)P \end{aligned} \qquad (4)$$

Нормы компенсации d_L и d_P вычисляются в соответствии со средними значениями следующих величин: предельными производительностями β и γ, прямой оплаты затрат факторов производства w и p и предполагаемой долей дохода предпринимателей (собственников и топ-менеджеров предприятий) в общем конечном выпуске $\pi = \Pi / Y$. Из соотношений (4) следует

$$d_L + w = \beta(1-\pi), \quad d_P + p = \gamma(1-\pi). \qquad (5)$$

Средний доход бизнеса Π контролируется обществом и должен предоставляться в разумном объеме: нормы не могут быть слишком большими; с другой стороны, выплаты должны компенсировать истощение социальных ресурсов и, по возможности, обеспечивать их увеличение, так что значения d_L и d_P не могут быть слишком малыми. Эти величины зависят также от средних величин назначаемых предпринимателями оценки текущих расходов w и p.

Условием существования стабильного общества является такое распределение общественного продукта, когда истощение общественных ресурсов, по крайней мере,

полностью компенсируются. Соотношения (4) и (5) позволяют оценить необходимые нормы изъятия части общественного продукта при заданном значении среднего дохода предпринимателей Π, который должен контролироваться обществом.

3. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ.

3.1. Налоги как компенсация истощения общественных ресурсов. В каждом обществе часть созданного продукта выделяется на общенациональные цели. Эта часть предусматривает расходы на образование, профессиональную подготовку, здравоохранение и так далее, что обеспечивает восстановление и рост населения и развитие способов производства. Платежи предусматривают расходы на поиск новых источников энергии, изучение возможности использования энергии в производственных целях. В любом случае два фактора производства: активность человека и способность энергии выполнять полезную работу должны поддерживаться центральным органом.

По традиции изъятие части прибавочного продукта происходит в виде налогов, которые реализуются (без обсуждения деталей) как вычет из прибыли предприятий и доходов людей. Существующие налоговые схемы (с плоской или прогрессивной шкалой вычета) не выглядят справедливыми и вызывают некоторые вопросы [2, 11]: почему деньги, которые я, например, заработал тяжелым трудом, принадлежат не только мне, но и человеку, который ничего не делал. Прогрессивная шкала налогов также несправедлива: человек, который зарабатывает больше, должен платить больше. Бизнесмены, как правило, уклоняются от уплаты налогов: существуют офшорные схемы, теневые предприятия, черные зарплаты и другие изобретения. Право на часть продукта оспаривается предпринимателями; они убеждены, что прибавочный продукт принадлежит им справедливо. Существующий механизм распределения общественного продукта оказывается несовершенным, однако, по сути, никто не может отрицать, что прибавочный продукт принадлежит не только владельцу-арендатору средств производства, но и всему обществу.

Вышеописанная традиционная схема представляет собой реализацию принципа налогообложения в соответствии с выпуском производства; альтернативная схема может быть основана на принципе налогообложения в соответствии с потреблением: каждое предприятие платит за использованную "рабочую силу" и замещающую работу. Следует также добавить плату (сборы и регулярные платежи) за производственное использование природной среды как одного из основных общественных ресурсов. Таким образом, должны быть установлены три основных платежа за использование общественных ресурсов. Эти платежи не исключают введения других платежей для более точной настройки производственной системы.

Реализация принципа оплаты за потребление общественных ресурсов имеет определенные преимущества. Во-первых, распределение платежей по предприятиям является справедливым (что может быть более справедливым в рыночной экономике, чем оплата использованных общественных ресурсов?). Во-вторых, понимание налогов как компенсации за использование общественных ресурсов устраняет споры по поводу суммы налогов; необходимая величина изъятия может быть вычислена по соотношениям (4) и (5) при учете информации о состоянии производственной системы. Затем, упрощается контроль за порядком выплат в социальный фонд (используемые

ресурсы можно контролировать проще, чем прибыль и доходы). И, последнее, но, тем не менее, пожалуй, самое важное, такая система включает в себя автоматический механизм выявления и исключения неэффективных предприятий, что приводит к повышению производительности труда, что далее мы рассмотрим более подробно. Можно утверждать, что обсуждаемая схема полностью удовлетворяет "пяти желательным характеристикам любой налоговой системы", сформулированным Стиглицем и Розенгардом [11, p. 511-512]: экономическая эффективность, административная простота, гибкость, прозрачная политическая ответственность и справедливость.

3.2. Эффективность предприятия и предпринимательская премия. Эффективность технологической деятельности предприятия определяется, в конечном счете, тем, насколько разумно используются общественные ресурсы (природные ресурсы, усилия работников и производительная энергия). Предельные производительности отдельного предприятия, $\tilde{\beta}$ и $\tilde{\gamma}$, вообще говоря, отличается от их средних значений для всей производственной системы. Они могут превышать соответствующие средние значения, если владелец предприятия внедряет в производство новый продукт или новую технологию по сравнению с существующими. В этом случае предприниматель, которого, согласно Шумпетеру [9], можно назвать нео-предпринимателем, создает дополнительный продукт. Талант бизнесмена проявляется в эффективном использовании общественных ресурсов; наиболее успешные бизнесмены получают дополнительную прибыль – предпринимательскую премию, а предприятие получает преимущество для развития. Остальные предприниматели должны быть удовлетворены средним значением прибыли. В случае, когда локальные значения предельной производительности ниже их средних значений для всей системы, владелец предприятия столкнется с трудностями и должен будет принять меры по совершенствованию производственных процессов, например, заменить ручную работу механической работой (это увеличивает отношение P/L и, в свою очередь, увеличивает предельные производительности). В противном случае компания обакротится. Таким образом, распределение (4) без каких-либо дополнительных призывов способствует повышению эффективности использования общественных ресурсов. Следует отметить, что традиционная схема налогообложения не обладает этим свойством; более того, традиционное налогообложение подавляет производственную деятельность и поощряет сокрытие прибылей и доходов.

Согласно Шумпетеру [10], предприниматель является центральной фигурой проекта; он является вдохновителем и организатором производственного процесса и надеется извлечь выгоду из проекта. Ожидания предпринимателя основаны на праве собственности на средства производства, которое, по его мнению, безоговорочно сопровождается правом собственности на созданный продукт. Но это не верно; Дэвид Эллерман [7] называет широко распространенное мнение о том, что владелец предприятия имеет право присваивать продукт, созданный этим предприятием, "фундаментальным мифом". Созданный продукт можно считать собственностью бизнесмена только после полной компенсации использованных общественных ресурсов, продукт можно потреблять, продавать, уничтожать, использовать в производстве, то

есть можно делать с ним все, что захочет предприниматель, но только после того, как использованные общественные ресурсы будут полностью оплачены. Одной из обязанностей правительства является контроль за правами собственности на основе законодательной базы, которая должна быть создана. Принцип присвоения прибавочной стоимости без каких-либо ограничений разрушает любое общество, что, к сожалению, происходит в России. С такой проблемой может столкнуться любое национальное общество.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Хозяйственная деятельность общества подчиняется не только определенным экономическим законам, которые обычно понимаются как соотношения между различными величинами, примером которых является соотношение (1), но и управляется некоторыми узаконенными правилами общежития, которые следует отличать от объективных экономических законов. Наиболее существенное влияние на общественную жизнь оказывают правила распределения произведенного общественного продукта, которое традиционно связывают с распределением прав собственности на средства производства. Это утверждение было широко распространено на протяжении веков и казалось настолько фундаментальным и прочным, что вопрос о собственности на средства производства оказывался главным вопросом всех социальных преобразований. В 1917 году в России большевики изо всех сил боролись за национализацию средств производства; смысл преобразований восьмидесятых и девяностых годов прошлого века в России заключается в борьбе за передачу средств производства в частные руки. В обоих случаях эта борьба оказывается борьбой за право присвоения прибавочного продукта; изменение социальной ситуации не привело к стабильным социальным отношениям, и это заставляет задуматься о причинах существующих проблем. Следует согласиться с С.С. Сулакшиным [5] , что корень проблемы заключается не в том, что люди владеют производственными активами, а в том, что они используют общественные ресурсы, не заботясь об их поддержке и развитии. Предложенный в статье механизм распределения общественного продукта может служить надежной основой стабильных общественных отношений.

Справедливое распределение созданного общественного продукта можно достичь не только через распределение прав собственности, но и другими путями, один из которых описан в этой статье. Во всяком случае соотношения (4) и (5) позволяют установить необходимые начисления для того, чтобы получить желаемое распределение общественного продукта. Правила налогообложения формулируются в соответствии с объемом потребления общественных ресурсов, и это, на наш взгляд, более подходящий принцип налогообложения по сравнению с альтернативным принципом налогообложения по объему выпуска. В нашу эпоху основными потребителями общественных ресурсов являются производственные предприятия, и они же должны являться основными субъектами налогообложения.

Правительство, принявшее описанные принципы формирования социального фонда, получает инструмент оценки эффективности использования общественных ресурсов в производстве, который позволит регулировать распределение общественного

продукта и следить за производительностью труда. Описанные правила направлены на стимулирование эффективного развития, созидание, но не разрушение. Повышение производительности труда приведет к улучшению благосостояния каждого члена общества, что снимет противоречия и смягчит нравы. Следует отметить, что правила могут эффективно работать только при свободе предпринимательства, когда любой член общества может организовать бизнес в соответствии со своими желаниями и инициативами: мы возвращаемся к необходимости свободы предпринимательства, провозглашенной Фридманом [8], но с некоторыми явными ограничениями.

Экономические законы не зависят от желаний людей, в то время как правила устанавливаются людьми, и различия в общественных системах обусловлены не экономическими законами, а узаконенными правилами поведения. Можно думать, что, в конце концов, человечество, как самоорганизующаяся система, сможет спроектировать свое собственное будущее, развивая разумные принципы общежития, чтобы обеспечить свое процветание, и найдет, на основе всего, что мы знаем, варианты будущего развития человеческой популяции.

Автор выражает признательность Валерию Васильевичу Калюжному за многочисленные замечания по тексту и содержанию статьи, способствовашие, надеюсь, большей ясности изложения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Каменецкий В.А., Патрикеев В.П. Собственность в XXI столетии. – Москва: Экономика, 2004. – 315 с.

2. Куцын Н.А., Калюжный В.В., Мозенков О.В., Балыкин В.Д. Современная теория и практика налогообложения. – Харьков: Прапор, 2001. – 512 с.

3. Покровский В.Н. Принципы налогообложения и производительность труда // Аудит и финансовый анализ. – 2017. – № 2. – С. 17-23. – URL: https://www.researchgate.net/publication/325644333 (дата обращения 23.12.2021).

4. Покровский В.Н. Общественные ресурсы в теории экономического роста // Сложные системы. – 2021. – № 3 (40). – С. 36-50.

5. Сулакшин С.С. Марксу спасибо, а мы идём вперед! -- Москва: Центр научной политической мысли и идеологии, 2018. – URL: http://rusrand.ru/ideas/marksu-spasibo-a-my-idyom-vpered (дата обращения 23.12.2021).

6. Aghion P., Howitt P. The Economics of Growth. – Cambridge: MIT Press, 2009. – 479 c.

7. Ellerman D. On the role of capital in 'capitalist' and in labor-managed firms // Review of Radical Political Economics. – 2007. – Vol. 39. – No. 1. – P. 5-26.

8. Friedman M. Capitalism and Freedom. – University of Chicago Press, 1962. – 202 p.

9. Pokrovskii V.N. Econodynamics: The Theory of Social Production, 3nd Ed. – Dordrecht-Heidelberg-London-New York: Springer, 2018. – 306 p. – Русский текст третьего английского издания с дополнениями: http://ecodynamics.narod.ru/production/rcontent.html (дата обращения 23.12.2021).

10. Schumpeter J.A. Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung: Eine Untersuchung über Unternehmergewinn, Kapital, Kredit, Zins und den Kojunkturzyklus. – Berlin: Dunker und Humblot, 1911. – 401 p.

11. Stiglitz J.E., Rosengard J.K. Economics of the Public Sector. Forth Ed. – New York-London: Norton & Company, 2015. – 923 p.

ON THE CONDITION OF STABILITY OF SOCIAL RELATIONS IN THE MARKET ECONOMY

Pokrovskii V.N. (Dr.Sci. (Physics and Mathematics), prof.),
Moscow State University of Economics, Statistics and Informatics (MESI), Moscow. Russian Federation; ***vpok@comtv.ru***

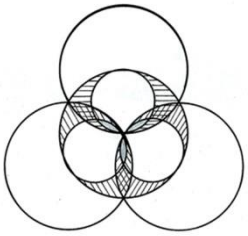
Abstract. that uses social resources, the author discusses the rules for the distribution of social product between three economic entities: a group of entrepreneurs, a group of hired workers, and the government that, by definition, represents national interests. A condition of the existence of a social system is formulated, which must be taken into account in the practical organization of the social structure. It is proposed a scheme for the distribution of the social product (taxation) according to amounts of social resources used in production. It is shown that this scheme, in comparison with the traditional scheme of taxation, according to the profits of enterprises and income of individuals, has some advantages: the proposed rules stimulate an increase in the efficiency of the use of social resources and may be more convenient in practice.

Keywords: distribution of social product, efficiency of production, social resources, taxation.

REFERENSES

1. Kamenetsky V.A., Patrikeev V.P. Sobstvennost' v XXI stoletii [Ownership in the XXI century]. Moscow: Ekonomika. 2004. 315 p.
2. Kucyn N.A., Kaljuzhnyj V.V., Mozenkov O.V., Balykin V.D. Sovremennaja teorija i praktika nalogooblozhenija [The modern theory and practice of taxation]. Har'kov, «Prapor». 2001. 512 p.
3. Pokrovskii V.N. Principy nalogooblozhenija i proizvoditel'nost' truda [Principles of taxation and labor productivity]. *Audit i finansovyj analiz. [Audit and Financial Analysis]*. 2017. No. 2. P. 17-23. URL: https://www.researchgate.net/publication/325644333 (accessed on 23.12.2021).
4. Pokrovskii V.N. Obshhestvennye resursy v teorii jekonomicheskogo rosta [Social resources in the theory of economic growth]. *Slozhnye sistemy [The complex systems*]. 2021. No. 3 (40). P. 32-44.
5. Sulakshin S.S. Marksu spasibo, a my idjom vpered! [Thanks to Marx! We are going forward!]. Centr nauchnoj politicheskoj mysli i ideologii [Center for Scientific Political Thought and Ideology]. Moscow. 2018. URL: http://rusrand.ru/ideas/marksu-spasibo-a-my-idyom-vpered (accessed on 23.12.2021).
6. Aghion P., Howitt P. The Economics of Growth. Cambridge: MIT Press, 2009. 479 p.
7. Ellerman D. On the role of capital in 'capitalist' and in labor-managed firms. *Review of Radical Political Economics*. 2007. Vol. 39. No. 1. P. 5-26.
8. Friedman M. Capitalism and Freedom. University of Chicago Press. 1962. 202 p.
9. Pokrovskii V.N. Econodynamics: The Theory of Social Production, 3nd Ed. Dordrecht-Heidelberg-London-New York: Springer. 2018. 306 p.
10. Schumpeter J.A. Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung: Eine Untersuchung über Unternehmergewinn, Kapital, Kredit, Zins und den Kojunkturzyklus. Berlin: Dunker und Humblot. 1911. 401 p.
11. Stiglitz J.E., Rosengard J.K. Economics of the Public Sector. Forth Ed. New York-London: Norton & Company. 2015. 923 p.

УДК 681.5:658.567.1:628.472



ПРОБЛЕМЫ УТИЛИЗАЦИИ И РЕЦИКЛИНГА АВТОНОМНЫХ МОБИЛЬНЫХ РОБОТОВ ПРИ ИХ МАССОВОМ ПРИМЕНЕНИИ. ЧАСТЬ 2.

Старовойтов Е.И. (к.т.н.)
АО «Концерн «Вега», г. Москва, РФ; ***estarovoitov@vega.su***

Аннотация. Во второй части статьи выполнен анализ проблем, связанных с утилизацией разных видов автономных мобильных роботов и определена эффективность их рециклинга. Выявлена перспективность коммерциализации рециклинга сухопутных роботов и необходимость государственных дотаций предприятиям, осуществляющим рециклинг отходов утилизации БПЛА и подводных роботов. Сделана оценка массы отходов при эксплуатации парка мобильных роботов в городе с населением 100 000 чел. Определены количественные показатели для оценки воздействия отходов робототехники на окружающую среду, предложены методы снижения сопутствующего негативного воздействия на окружающую среду, получена зависимость объема отходов утилизации бытовых и сервисных роботов от перегрева при монтаже электронных блоков системы управления. Исследовано влияние показателей надежности на массу отходов утилизации и стоимость эксплуатации БПЛА.

Ключевые слова: мобильные роботы; беспилотные летательные аппараты; утилизация; рециклинг; окружающая среда

1. ВВЕДЕНИЕ И ФОРМУЛИРОВКА ЦЕЛИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Широкое применение автономных мобильных роботов в различных сферах деятельности человека делает актуальной проблему утилизации робототехники после окончания ее жизненного цикла. Утилизация и рециклинг каждого типа мобильных роботов имеют особенности, обусловленные конструкцией и составом бортовой аппаратуры.

В первой части статьи были рассмотрены основные источники загрязнений окружающей среды, имеющиеся в составе роботов разных типов, виды отходов, образующиеся при их утилизации, а также возможный экологический ущерб в случае аварии.

Цель настоящей работы – количественная оценка массы отходов утилизации и формулировка принципов организации утилизации и рециклинга разных типов мобильных роботов.

2. КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ОЦЕНКИ ОБЪЕМОВ ОТХОДОВ УТИЛИЗАЦИИ

При определении экологического ущерба от отходов изделий робототехники необходимо выделить два пути их попадания в окружающую среду:

1. В результате отказа или аварии мобильного робота;

2. При утилизации с использованием существующих технологий выработавшего свой ресурс или неисправного мобильного робота.

Соответственно, для оценки могут быть использованы следующие показатели:

1. Вероятность случайного попадания элементов конструкции робота в окружающую среду P_{oc} при отказе или аварии;

2. Относительное количество отходов $K_{отх}$, не подлежащих переработке при утилизации робота.

У сухопутных роботов значение $P_{ос}$ определено для беспилотных автомобилей, основные характеристики которых соответствуют базовым транспортным средствам. При вероятности безаварийного движения автотранспортного средства, равной 0,98 [9], для пробега 60 000 км со средней скоростью 60 км/ч вероятность потери хода составит порядка $2{,}0 \cdot 10^{-6}$ ч$^{-1}$. В этом случае выброс отходов в окружающую среду может произойти при следующих обстоятельствах:

- наступление отказа вне населенных пунктов, производственных площадок и путей с интенсивным движением;
- авария с разрушением конструкции робота;
- невозможность эвакуации робота с поврежденной конструкцией.

Итоговая вероятность наступления совокупности этих событий принимается меньшей на порядок $P_{ос} = 1{,}0 \cdot 10^{-7}$.

При промышленной утилизации автотранспортных средств применяется технология, имеющая высокую эффективность ($K_{отх}$ = 0,15), а в развитых странах существуют сети специализированных предприятий для выполнения этой задачи.

Эксплуатация беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) имеет следующие особенности. Безаварийное выполнение полета возможно только при высоких показателях надежности конструкции и бортового оборудования, быстро снижающихся с исчерпанием летного ресурса БПЛА. При этом больше половины возникающих отказов связаны с бортовым комплексом управления.

Легкие БПЛА малого радиуса действия (взлетная масса до 10 кг и дальность в пределах 20 км) с продолжительностью полета не более 1 ч, имеют нерезервированный и нераспределенный бортовой комплекс управления, а их интенсивность отказов составляет $1{,}0 \cdot 10^{-2}$...$1{,}0 \cdot 10^{-4}$ ч$^{-1}$ [1]. Для оценки принимается значение $P_{ос} = 1{,}0 \cdot 10^{-3}$ ч$^{-1}$.

Широкое использование композиционных материалов и пластических масс в конструкции БПЛА (50 % и более) снижает эффективность их утилизации ($K_{отх}$ = 0,6).

Надводные роботы гражданского назначения пока еще являются сравнительно малочисленным классом мобильной робототехники, предназначенной для патрулирования акваторий, экологического мониторинга, обследования инженерных сооружений, транспортировки грузов, организации связи и навигационного обеспечения. Все перечисленные задачи могут быть решены другими средствами, в отличие от подводных роботов, для использования которых трудно найти альтернативу. По этой причине далее рассматриваются только подводные роботы.

Специфика эксплуатации подводных роботов связана с большим риском наступления внезапной аварии, основным причинами которой могут быть:

- наличие подводных течений и водоворотов;
- неучтенный подводный рельеф водоемов;
- водная флора и фауна;
- столкновения с судами и другими роботами;
- столкновения с орудиями рыболовства;
- воздействие мусора.

В результате воздействия этих факторов на подводный робот может произойти:

- нарушение герметичности корпуса;
- отказ движителей;
- отказ системы управления.

Если подводный робот теряет плавучесть и не может быть эвакуирован при всплытии, то он будет потерян. В связи с тем, что подъем робота со дна водоема является трудоемкой задачей, то вероятность его аварии с выбросом отходов будет одного порядка с БПЛА: $P_{oc} = 1{,}0 \cdot 10^{-3}$ ч$^{-1}$. При плановом выводе из эксплуатации конструкция подводных роботов, основным элементом которой является тяжелый массивный корпус, может быть легко утилизирована ($K_{отх} = 0{,}1$).

При затоплении судов основным источником загрязнения окружающей среды являются находящиеся в них емкости с горючим, нефтью и маслами – коррозия металлов в воде приводит к разрушению корпусов и протеканию емкостей. В движителях подводных роботов как правило применяется электропривод, и эта угроза отсутствует, что снижает опасность для окружающей среды в случае аварии. Однако небольшой объем производства подводных роботов снижает рентабельность их плановой утилизации.

Бытовые и сервисные роботы эксплуатируются в местах постоянного пребывания людей и могут оказаться в окружающей среде только в случае их преднамеренного выброса недобросовестными пользователями ($P_{oc} = 1{,}0 \cdot 10^{-4}$), либо при наступлении чрезвычайных ситуаций. Роботы этих типов могут быть утилизированы аналогично бытовой электронной технике, эффективность переработки которой в настоящее время достигает 40 % ($K_{отх} = 0{,}6$).

Медицинские роботы предназначены для использования в медицинских учреждениях и также могут быть выброшены в окружающую среду только в случае чрезвычайной ситуации ($P_{oc} = 1{,}0 \cdot 10^{-6}$). После окончания эксплуатации их рабочие органы, корпусные элементы и все составные части, которые контактировали с больными, биологическими материалами, возбудителями инфекций, утилизируются вместе с медицинскими отходами, которые должны полностью уничтожаться без переработки. Остальные составные части могут быть утилизированы по аналогии с бытовыми и сервисными роботами ($K_{отх} = 0{,}2$).

Особенность жизненного цикла биороботов состоит в том, что базовый организм неизбежно погибает или становится жертвой хищников, возвращаясь в окружающую среду, а технология его утилизации как таковая отсутствует ($P_{oc} = 1{,}0$; $K_{отх} = 1{,}0$).

Количественная оценка эффективности использования ресурсов при переработке отходов и степень их воздействия на окружающую среду определяется с помощью индекса эффективности рециклинга I_p [6]

$$I_p = 0{,}1\gamma \times (0{,}3\alpha + 0{,}6\beta), \quad (1)$$

где α, β, γ – оценки в баллах для экономической, экологической и масштабной составляющих соответственно (от 0 до 1,0).

С помощью этого показателя также определяется рентабельность рециклинга отходов на коммерческой основе и необходимость предоставления государственных дотаций предприятиям по утилизации и переработке отходов.

В таблице 1 для разных типов мобильных роботов указаны значения P_{oc} и $K_{отх}$, а также дополнительно представлены следующие данные:

Таблица 1. *Количественные показатели для оценки объема отходов робототехники*

№ п/п	Тип роботов	$P_{ос}$	$K_{отх}$	Объем выпуска	T_c, лет	I_p
1	Сухопутные	$1{,}0\cdot10^{-7*}$	0,15	массовый	5,00	0,0900
2	Подводные	$1{,}0\cdot10^{-3**}$	0,1	мелкосерийный	10,00	0
3	БПЛА	$1{,}0\cdot10^{-3}$	0,6	массовый	3,00	0,0414
4	Бытовые и сервисные	$1{,}0\cdot10^{-4}$	0,6	массовый	3,00	0,0690
5	Медицинские	$1{,}0\cdot10^{-6}$	0,8	мелкосерийный	3,00	–
6	Биороботы	1,0	1,0	единичный	0,15	–

* За исключением моделей для перемещения внутри городской среды и в замкнутых помещениях

** За исключением моделей для перемещения внутри искусственных водоемов и в замкнутых коммуникациях

- объем выпуска;
- средний срок службы T_c;
- индекс эффективности рециклинга I_p.

Полученные значения I_p и его составляющих показывают необходимость государственных дотаций для предприятий, осуществляющих рециклинг отходов от утилизации БПЛА и подводных роботов. В свою очередь, наиболее перспективным направлением для коммерциализации является рециклинг сухопутных роботов.

Далее выполнена количественная оценка отходов, не подлежащих переработке при утилизации отходов робототехники в городе с населением 100 000 чел. (около 40 000 домохозяйств).

Масса отходов при утилизации изделий робототехники определяется соотношением

$$m_{ут} = K_{отх} \times m_{ср} \times \frac{N_{общ}}{T_c}, \qquad (2)$$

где $m_{ср}$ – средняя масса мобильного робота данного типа; $N_{общ}$ – общее количество мобильных роботов данного типа, находящихся в эксплуатации.

Количество сухопутных роботов рассчитано исходя из количества автотранспорта: 30 000 автомашин, из которых 4 000 приходится на грузовики, автобусы и спецтехнику, а еще 1 000 на такси. Подразумевается, что грузовой, общественный транспорт, такси и спецтехника являются беспилотными транспортными средствами – сухопутными роботами.

Для оценки примем, что все роботы перемещаются не только в городе, но и за его пределами. В этом случае масса случайно выброшенных в окружающую среду непереработанных отходов составит

$$m_{ос} = P_{ос} \times m_{ср} \times N_{общ} \times \frac{L_{ср}}{\upsilon_{ср}}, \qquad (3)$$

где $L_{ср}$ = 60 000 км – среднегодовой пробег; $\upsilon_{ср}$ = 60 км/ч – средняя скорость движения робота.

Для работы на водных объектах, к которым относятся естественные водоемы (реки и озера) используется 10 подводных роботов.

Службы доставки каждый день выполняют до 1 000 заказов, из которых 80 % осуществляются с использованием 400 БПЛА. Еще 100 БПЛА предназначены для решения специальных задач (геодезия, безопасность, инженерные работы).

Предполагается, что в 80 % домохозяйств имеются бытовые и сервисные роботы.

В учреждениях здравоохранения работает 1 000 медицинских работников, при этом на десять работников приходится один робот.

Масса непереработанных отходов, случайно выбрасываемых в окружающую среду при эксплуатации подводных, бытовых, сервисных, медицинских роботов и БПЛА, равна

$$m_{ос} = P_{ос} \times m_{ср} \times T_{общ}, \quad (4)$$

где $T_{общ}$ – суммарное количество робото-часов за год (или летных часов БПЛА), определяемое выражением

$$T_{общ} = N_{общ} \times T_{ср}, \quad (5)$$

где $T_{ср}$ – среднегодовое количество часов, отработанных одним роботом (или среднегодовой налет на один БПЛА).

Оценить нагрузку на предприятия по утилизации роботов можно посредством соотношения

$$\rho_i = \frac{m_i}{m_{ан} + m_i} \times 100\%, \quad (6)$$

где m_i – объем ежегодно формируемых отходов при утилизации мобильных роботов данного типа; $m_{ан}$ – объем ежегодно формируемых отходов при утилизации аналогичных промышленных изделий.

Для сухопутных роботов в качестве аналогичных изделий рассматриваются управляемые водителем автотранспортные средства ($m_{ан}$ = 2 250 000 кг[2]), а для других типов роботов – изделия бытовой электроники, ежегодно образующие 15 кг непереработанных отходов на одного жителя города ($m_{ан}$ = 900 000).

Биороботы используются для нужд экологического мониторинга в различных районах, а их число определяется числом этих зон и сроком службы самих биороботов. Для оценки примем, что на 100 жителей города приходится один биоробот со сроком службы не более 2 мес.

Структура парка мобильных роботов, объем ежегодно формируемых отходов утилизации робототехники, а также значения показателя ρ_i для рассмотренных выше типов роботов за исключением подводных (из-за малого объема отходов) и биороботов (не утилизируются), представлены в таблице 2.

Как следует из данных таблицы 2, случайный выброс отходов в окружающую среду достигает максимума при эксплуатации бытовых и сервисных роботов. Поэтому в их конструкции должны использоваться экологически безопасные и легко разлагающиеся материалы.

[2] Соответствует $N_{общ}$ = 25 000 шт; $m_{ср}$ = 3 000 кг; T_c = 5 лет и $K_{отх}$ = 0,15

Таблица 2. *Структура парка мобильных роботов и объем ежегодно формируемых им отходов в городе с населением 100 000 чел.*

№ п/п	Тип роботов	N, шт.	$T_{ср}$, ч	$m_{ср}$, кг	$m_{ут}$,кг	$m_{ос}$,кг	ρ_i, %
1	Сухопутные	5 000	–	7 000	1 050 000	3 500	31,82
2	Подводные	10	100	20	–	20	–
3	БПЛА	500	400	10	1 000	2000	0,11
4	Бытовые и сервисные	32 000	1 600	25	160 000	128 000	15,09
5	Медицинские	100	3 200	25	666,67	8	0,07
6	Биороботы	100	300	0,01	–	1,0	–

При утилизации на промышленной основе самый большой поток неперерабатываемых отходов (смесь стекла, полимеров, резины и грязи) создают сухопутные роботы.

На втором месте по объему отходов утилизации находятся бытовые и сервисные роботы, при утилизации которых образуются отходы из полимеров и цветных металлов. В отличие от сухопутных роботов они обладают меньшей надежностью и стойкостью к внешним воздействующим факторам.

Как правило, отказ робота связан с отказом его системы управления или ее составных частей. Кроме внешних воздействий, нарушений требований эксплуатации, отказ может быть вызван технологическими причинами, одной из которых является повреждение электронной компонентной базы (ЭКБ) перегревом во время пайки при монтаже, что может быть связано с использованием бессвинцовых припоев (см. Ч.1 настоящей статьи, разд. 3).

Для оценки влияния перегрева ЭКБ на ресурс бытовых и сервисных роботов и объем отходов при их утилизации рассмотрим электронный блок управления (ЭБУ) с заданным значением вероятности безотказной работы $P_{ВБР}$. Список элементов из состава ЭКБ и значения интенсивностей отказов представлены в таблице 3.

Предполагая, что вероятность безотказной работы аппаратуры в течение заданного временного интервала имеет экспоненциальное распределение, используем для ее оценки выражение

$$P_{ВБР} = e^{-t\times\lambda}, \qquad (7)$$

где $t = T_c$ – оцениваемый период времени активной работы; λ – суммарная интенсивность отказов элементов аппаратуры.

Для дальнейшей оценки сделаны следующие допущения:

1. Механические элементы конструкции имеют пренебрежимо малую вероятность отказа, а надежность ЭБУ определяется используемой ЭКБ;

2. Увеличение температуры пайки на каждые 10° С приводит к удвоению интенсивности отказов всех полупроводниковых компонентов (кроме силовых транзисторных модулей) и электролитических конденсаторов;

3. Интенсивность отказов ЭКБ не зависит от эксплуатационных факторов;

4. Отказ ЭБУ приводит к отказу робота в целом.

Таблица 3. *Элементы из состава ЭКБ и интенсивность их отказов*

№ п/п	Тип элемента	λ_i, 10^{-6} 1/ч	N, шт.
1	Микроконтроллер	0,023	1
2	ПЗУ (флэш память)	0,018	1
3	Микросхемы цифровые логические	0,023	4
4	Микросхемы аналоговые	0,028	8
5	Биполярные транзисторы	0,044	2
6	Силовые транзисторные модули	0,5	4
7	Импульсные диоды	0,025	5
8	Диоды Шоттки сдвоенные	0,008	3
9	Варисторы	0,035	2
10	Генератор пьезоэлектрический	0,065	1
11	Конденсаторы керамические	0,0207	146
12	Конденсаторы электролитические	0,173	4
13	Резисторы постоянные металлодиэлектрические	0,0048	100
14	НЧ-соединители для печатного монтажа	0,0041	2
	Сумма	**5,4314**	283

На рис. 1 представлены кривые зависимости срока службы ЭБУ от превышения температуры Δt при монтаже ЭКБ.

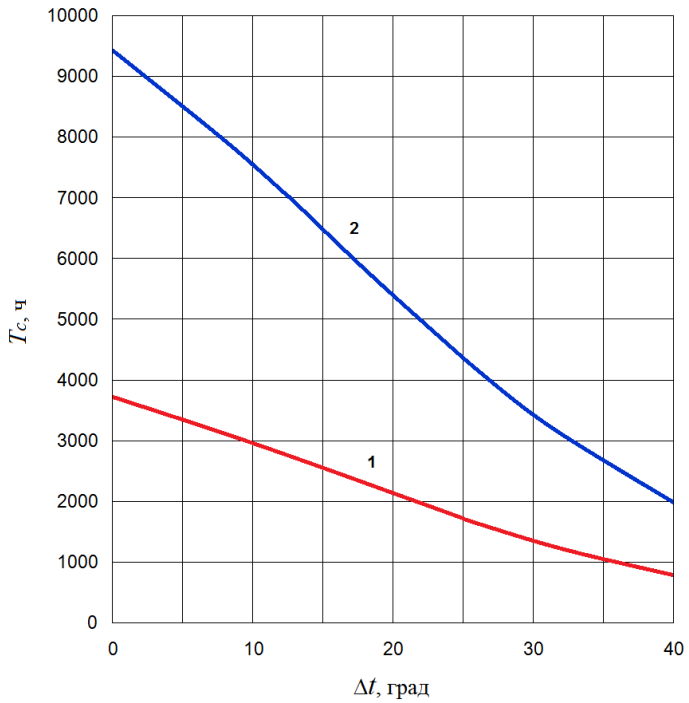


Рис. 1. *Зависимость срока службы ЭБУ от превышения температуры пайки при монтаже элементов: 1 – $P_{ВБР}$ = 0,98; 2 – $P_{ВБР}$ = 0,95*

Снижение срока службы ЭБУ вызывает рост массы отходов утилизации роботов, определяемый как

$$m_{отх}(T_c) = m_{баз} \times \frac{T_{баз}}{T_c}, \quad (8)$$

где $m_{баз}$ – базовое значение массы отходов утилизации роботов; $T_{баз}$ – базовая величина ресурса ЭБУ.

Кривые зависимости массы отходов от превышения температуры Δt при монтаже ЭКБ показаны на рис. 2.

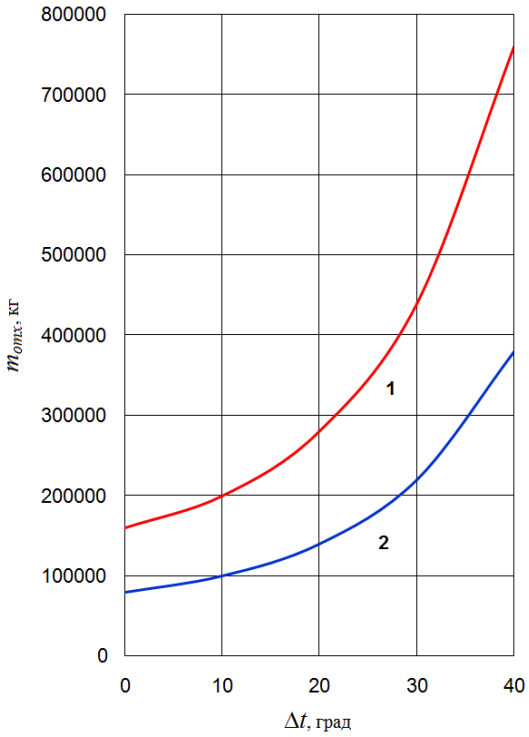


Рис. 2. *Зависимость массы отходов от превышения температуры пайки при монтаже элементов ЭБУ: 1 – $P_{ВБР}$ = 0,98; 2 – $P_{ВБР}$ = 0,95*

После утилизации БПЛА остается большое количество долго разлагающихся композиционных материалов. При интенсивной эксплуатации снижение массы отходов возможно за счет увеличения летного ресурса, но в этом случае возрастает стоимость конструкции БПЛА и, соответственно, стоимость летного часа.

Несмотря на то, что конструкция БПЛА может допускать замену отдельных изношенных элементов (аккумуляторных батарей – АКБ, винтов, датчиков), наибольшая экономическая эффективность достигается при максимальном использовании в конструкции невосстанавливаемых элементов.

Зависимость стоимости невосстанавливаемых элементов связана с их надежностью выражением [8]

$$C = C_0 \times \left(\frac{\lambda_0}{\lambda}\right)^{\alpha}, \quad (9)$$

где C_0 – базовая стоимость; α = 1,5; λ_0 – базовый уровень потока отказов.

При этом

$$\lambda = -\frac{\ln\left(P_{ВБР}\right)}{T_р}, \tag{10}$$

где $T_р$ – ресурс невосстанавливаемых элементов.

Стоимость летного часа БПЛА определяется как следующая сумма [7]

$$C_{лч} = \frac{C}{T_л} + \frac{C_{рег}}{T_п}, \tag{11}$$

где $T_л$ – летный ресурс БПЛА; $C_{рег}$ – стоимость регламентных работ; $T_п$ – периодичность регламентных работ.

Ежегодно из-за выработки летного ресурса на утилизацию отправляется количество БПЛА, равное

$$N_{ут} = \frac{T_{общ}}{T_л}. \tag{12}$$

Среднегодовая масса неперерабатываемых отходов утилизации на один БПЛА

$$m_{отх} = m_0 \times K_{отх} \times \frac{T_{ср}}{T_л}, \tag{13}$$

где m_0 – масса БПЛА.

Для оценки влияния технико-экономических показателей БПЛА на объем отходов при его утилизации принимаем $T_л = T_р$ и используем данные из табл. 4.

Таблица 4. *Технико-экономические показатели БПЛА*

№ п/п	Показатель	Значение
1	Базовая стоимость	500 000 отн. ед.
2	Затраты на обслуживание (35 % от базовой стоимости)	175 000 отн. ед.
3	Базовый ресурс	2 000 летных часов
4	Периодичность обслуживания	400 летных часов
5	Вероятность безотказной работы	0,999
6	Масса	10 кг
7	Содержание в конструкции отходов, не подлежащих переработке при утилизации	60 %

На рис. 3 представлена оценка среднегодовой массы неперерабатываемых отходов утилизации на один БПЛА для разной стоимости его летного часа. При этом летный ресурс составляет от 1 400 до 4 000 летных часов.

Из рис. 3 следует, что снижение стоимости летного часа БПЛА связано с уменьшением летного ресурса и надежности. Но практически любой отказ БПЛА в полете приводит к аварии с последующим разрушением его конструкции. В таком случае сокращается объем отходов утилизации БПЛА, исчерпавших свой летный ресурс, и одновременно возрастают выбросы в окружающую среду из-за аварий.

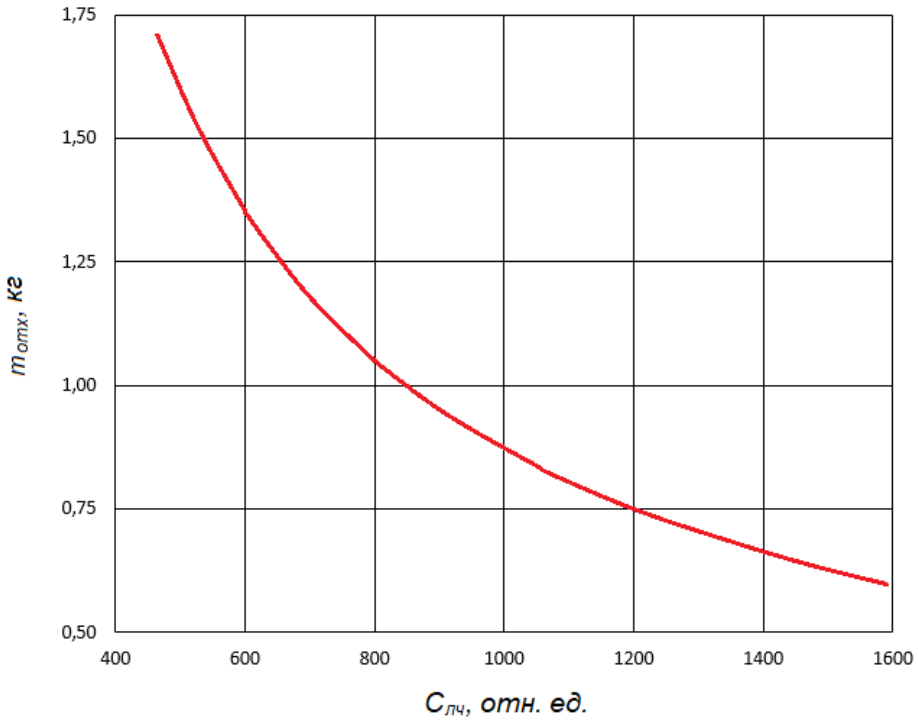


Рис 3. *Оценка среднегодовой массы неперерабатываемых отходов утилизации одного БПЛА для разной стоимости его летного часа*

В настоящее время продолжает возрастать доля композиционных материалов, используемых в конструкции пилотируемых летательных аппаратов и БПЛА, при утилизации которых будет увеличиваться количество трудно перерабатываемых отходов. Сохранение прежнего объема отходов возможно при продлении летного ресурса БПЛА, за счет повышения его надежности.

Допустимое значение интенсивности отказов при заданном значении $P_{ВБР}$ можно определить, используя общую массу отходов и массу отходов, не подлежащих переработке при утилизации

$$\lambda = -\frac{m_{ут} \times \ln\left(P_{ВБР}\right)}{m_0 \times N_{общ} \times K_{отх} \times T_{ср}}, \qquad (14)$$

Далее предполагаем, что композиционные материалы составляют основную часть отходов утилизации. С учетом выражений (9) и (11) получаем влияние процентного содержания композиционных материалов в конструкции на стоимость летного часа. При заданной величине $m_{ут}$ = 1 000 кг и базовом значении C_0 = 500 000 отн. ед. (при $K_{отх}$ = 0,45,) получаем следующую кривую (см. рис. 4).

Как видно из рис. 4, увеличение доли композиционных материалов в конструкции БПЛА с 40 % до 60 % приводит к удвоению стоимости его летного часа.

В целом, снижение воздействия на окружающую среду при утилизации БПЛА возможно либо при увеличении его летного ресурса с одновременным увеличением стоимости летного часа, либо путем внедрения эффективных и экологически чистых технологий переработки композиционных материалов.

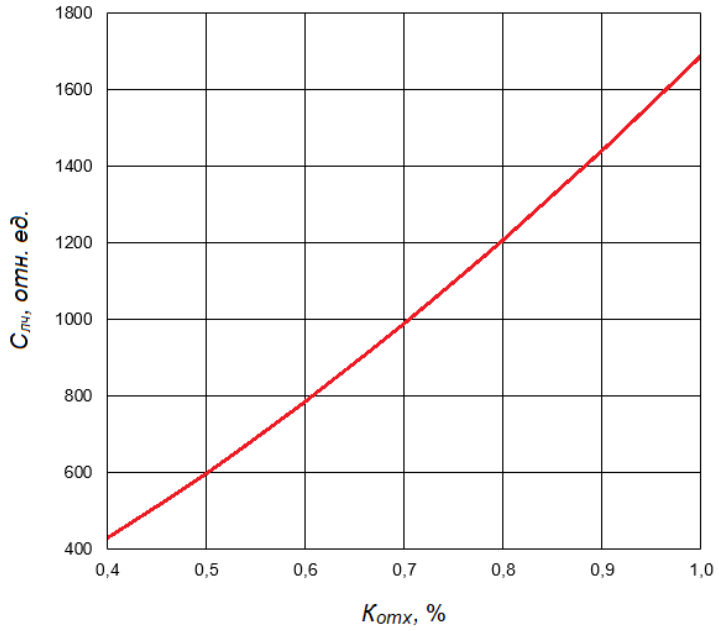


Рис. 4. *Влияние процентного содержания композиционных материалов в конструкции БПЛА на стоимость летного часа*

3. ОРГАНИЗАЦИЯ УТИЛИЗАЦИИ И РЕЦИКЛИНГА МОБИЛЬНЫХ РОБОТОВ

Уже созданы изделия робототехники, изготовленные по экологически чистым технологиям из материалов, полученных путем рециклинга [11]. Меры по защите окружающей среды подразумевают включение требований к утилизации и рециклингу роботов в этап их проектирования [10].

Рециклинг компонентов сложных технических систем необходимо предусматривать еще на стадии разработки [3]. Примером является методология проектирования управляемых водителем легких коммерческих автотранспортных средств, предусматривающая утилизацию в конце жизненного цикла [5].

При таком подходе разрабатывается конструкция из материалов, полученных в результате утилизации, уже ориентированная на рециклинг, без применения или с минимальным содержанием опасных материалов. Используется маркировка компонентов из полимеров и эластомеров. После истечения ресурса обеспечивается легкость демонтажа конструкции и разделение материалов с учетом воздействия внешних и внутренних факторов на соединения (коррозии металлов, старения, изменения свойств). Легко демонтируются узлы и детали, содержащие опасные материалы.

Аналогично, на этапе проектирования беспилотных автотранспортных средств могут быть выработаны рекомендации по утилизации, основанные на анализе свойств используемых материалов и способов соединений элементов конструкции [4].

Для рециклинга пригодны только изделия из термопластичных полимеров. В конструкции нежелательно применение композиционных материалов на основе полиэфирных, эпоксидных и других термореактивных смол, армированных высокопрочными стеклянными, базальтовыми и другими волокнами. Рекомендуется использование морозостойкого полипропилена, акрилонитрилбутадиенстирола (АБС-

пластика), полиамида, полиэтилена высокой плотности, термопластичного полиуретана и других материалов, пригодных для рециклинга.

Дополнительная эффективность и безопасность утилизации обеспечивается посредством крепежных элементов и легкоразъемных клеевых соединений, облегчающих демонтаж конструкции. Для фиксации и уплотнения резьбовых, цилиндрических и фланцевых соединений применяются анаэробные клеи-герметики, обеспечивающие требуемую прочность в течение жизненного цикла транспортного средства. При выборе клеев учитывается величина зазора, требуемая прочность, внешние воздействующие факторы и т.д. Полученные соединения могут использоваться в двигателе, коробке передач, подвеске, мостах, корпусах насосов, других узлах и агрегатах.

Массовый выпуск и применение мобильной робототехники потребуют создания законченной системы по утилизации и рециклингу вышедших из эксплуатации автономных мобильных роботов, по аналогии с системой, предложенной для транспортных средств [2].

Процесс рециклинга должен быть экономически целесообразен, т.е.утилизация и переработка старого робота обходятся дешевле, чем затраты на изготовление нового образца. При этом должны выполняться следующие требования [10]:

- рентабельность;
- технологичность;
- интеграция в производственные циклы;
- максимальное извлечение дорогостоящих материалов;
- низкая энергоемкость.

Рециклинг позволяет повторно использовать детали и конструкционные материалы роботов сразу же после окончания их эксплуатации. Система утилизации решает проблемы дефицита сырья и использования больших площадей под площадки и полигоны для размещения отходов. Такая система подразумевает рациональное географическое размещение утилизационных и перерабатывающих предприятий, а также определяет технологический профиль для каждого предприятия.

При создании предприятия должны быть определены следующие вопросы:

1. Возможности по переработке конкретных материалов (металлы, полимеры, композиционные материалы);

2. Утилизация по видам мобильных роботов (сухопутные, БПЛА, бытовые и др.);

3. Основной технологический процесс (утилизация, переработка, рециклинг или их сочетание);

4. Группа принимаемой робототехники (легкие, средние, тяжелые роботы);

5. Лицензирование деятельности и организация кооперации с разработчиками и производителями;

6. Регламент взаимодействия с разработчиками и производителями;

7. Технология утилизации по типу силовой установки или источника энергии (двигатели внутреннего сгорания, электрические двигатели и т.д.).

Экологические аспекты утилизации разных типов мобильных роботов перечислены в табл. 5.

Таблица 5. *Экологические аспекты утилизации разных типов мобильных роботов*

Тип роботов	Организация утилизации	Экологические последствия утилизации			Методы снижения воздействия на окружающую среду		
		Основные типы отходов утилизации	Воздействие на окружающую среду	Технология переработки или рециклинга	Замена материалов в конструкции на более безопасные для окружающей среды	Технология переработки или рециклинга новых материалов	Дополнительные мероприятия
Сухопутные	Предприятия по утилизации автотранспорта	Полимеры	Разлагаются в течение 100...250 лет, образуют микропластик	Частично отработана	Биоразлагаемые полимеры, разрушаются за 3...12 мес	Разрабаты-вается	Специальная маркировка деталей и легкость их демонтажа
		Композиционные материалы	Разлагаются до 200 лет	Разрабаты-вается	Биоразлагаемые композиционные материалы, разрушаются за 10...12 мес	Разрабаты-вается	Специальная маркировка деталей и легкость их демонтажа
		ЭКБ	Содержит тяжелые металлы и редкоземельные элементы	Отработана	–	–	Использование в аппаратуре бессвинцовых припоев, кроме ответственных блоков

Табица 5. Экологические аспекты утилизации разных типов мобильных роботов (продолжение)

Тип роботов	Организация утилизации	Экологические последствия утилизации			Методы снижения воздействия на окружающую среду		
		Основные типы отходов утилизации	Воздействие на окружающую среду	Технология переработки или рециклинга	Замена материалов в конструкции на более безопасные для окружающей среды	Технология переработки или рециклинга новых материалов	Дополнительные мероприятия
		АКБ	Зависит от типа используемого электролита, который может загрязнять почву, грунтовые воды и водоемы	Отработана	Использование литиевых аккумуляторов	Отработана	Соблюдение требований по эксплуатации АКБ, применение систем контроля и управления, балансировки, своевременная замена АКБ после выработки ресурса
		Резина	Разлагается более 100 лет	Отработана	–	–	–
Сухопутные	Предприятия по утилизации автотранспорта	Топливо и масла для двигателей внутреннего сгорания	Загрязнение почвы, атмосферы, водоемов	Отработана	–	–	Переход на электро-двигатели, использование АКБ с низкотоксичным электролитом

Табица 5. Экологические аспекты утилизации разных типов мобильных роботов (продолжение)

Тип роботов	Организация утилизации	Экологические последствия утилизации			Методы снижения воздействия на окружающую среду		
		Основные типы отходов утилизации	Воздействие на окружающую среду	Технология переработки или рециклинга	Замена материалов в конструкции на более безопасные для окружающей среды	Технология переработки или рециклинга новых материалов	Дополнительные мероприятия
Надводные и подводные	Специализированные предприятия	Токсичные покрытия и краски на корпусе	Загрязнение водоемов, гибель гидробионтов	–	Использование нетоксичных покрытий и красок	–	–
БПЛА	Предприятия по утилизации бытовой техники и электронной техники	Полимеры	Разлагаются в течение 100...250 лет, образуют микропластик	Частично отработана	Биоразлагаемые полимеры, разрушаются за 3...12 мес	Разрабатывается	–
		Композиционные материалы	Разлагаются до 200 лет	Разрабатывается	Биоразлагаемые композиционные материалы, разрушаются за 10...12 мес	Разрабатывается	Специальная маркировка деталей и легкость их демонтажа
		ЭКБ	Содержит тяжелые металлы и редкоземельные элементы	Отработана	–	–	Использование в аппаратуре бессвинцовых припоев, кроме ответственных блоков

Таблица 5. Экологические аспекты утилизации разных типов мобильных роботов (продолжение)

Тип роботов	Организация утилизации	Экологические последствия утилизации		Технология переработки или рециклинга	Методы снижения воздействия на окружающую среду		Дополнительные мероприятия
		Основные типы отходов утилизации	Воздействие на окружающую среду		Замена материалов в конструкции на более безопасные для окружающей среды	Технология переработки или рециклинга новых материалов	
БПЛА	Предприятия по утилизации бытовой техники и электронной техники	АКБ	Зависит от типа используемого электролита, который может загрязнять почву, грунтовые воды и водоемы	Отработана	Использование литиевых аккумуляторов	Отработана	Соблюдение требований эксплуатации АКБ, применение систем контроля и управления, балансировки, своевременная замена АКБ после выработки ресурса
		Резина	Разлагается более 100 лет	Отработана	–	–	–
Бытовые и сервисные	Предприятия по утилизации бытовой техники и электронной техники	ЭКБ	Содержит тяжелые металлы и редкоземельные элементы	Отработана	–	–	Использование в аппаратуре бессвинцовых припоев, кроме ответственных блоков

Таблица 5. Экологические аспекты утилизации разных типов мобильных роботов (продолжение)

Тип роботов	Организация утилизации	Экологические последствия утилизации			Методы снижения воздействия на окружающую среду		
		Основные типы отходов утилизации	Воздействие на окружающую среду	Технология переработки или рециклинга	Замена материалов в конструкции на более безопасные для окружающей среды	Технология переработки или рециклинга новых материалов	Дополнительные мероприятия
Бытовые и сервисные	Предприятия по утилизации бытовой техники и электронной техники	АКБ	Зависит от типа используемого электролита, который может загрязнять почву, грунтовые воды и водоемы	Отработана	Использование литиевых аккумуляторов	Отработана	Соблюдение требований эксплуатации АКБ, применение систем контроля и управления, балансировки, своевременная замена АКБ после выработки ресурса
		Полимеры	Разлагаются в течение 100...250 лет, образуют микропластик	Частично отработана	Биоразлагаемые полимеры, разрушаются за 3...12 мес	Разрабаты-вается	–
		Резина	Разлагается более 100 лет	Отработана	–	–	–

Таблица 5. Экологические аспекты утилизации разных типов мобильных роботов (продолжение)

Тип роботов	Организация утилизации	Экологические последствия утилизации			Методы снижения воздействия на окружающую среду		
		Основные типы отходов утилизации	Воздействие на окружающую среду	Технология переработки или рециклинга	Замена материалов в конструкции на более безопасные для окружающей среды	Технология переработки или рециклинга новых материалов	Дополнительные мероприятия
		Латекс	Натуральный продукт является биоразлагаемым, синтетический – см. полимеры	Отработана	Использование натурального латекса	–	–
Медицинские	На базе медицинских учреждений	Титан, нержавеющая сталь, кобальтовые сплавы	Не разрушаются в тканях организма	Необходимо извлечение из организма	Биоразлагаемые магниевые сплавы	Полная биорезорбция за 7...10 мес	–
		Полимеры	Разлагаются в течение 100...250 лет, образуют микропластик	Частично отработана	Биоразлагаемые полимеры, разрушаются за 3...12 мес	Разрабатывается	–

Таблица 5. Экологические аспекты утилизации разных типов мобильных роботов (продолжение)

Тип роботов	Организация утилизации	Экологические последствия утилизации			Методы снижения воздействия на окружающую среду		
		Основные типы отходов утилизации	Воздействие на окружающую среду	Технология переработки или рециклинга	Замена материалов в конструкции на более безопасные для окружающей среды	Технология переработки или рециклинга новых материалов	Дополнительные мероприятия
		ЭКБ	Содержит тяжелые металлы и редкоземельные элементы	Отработана	–	–	Использование в аппаратуре бессвинцовых припоев, кроме ответственных блоков
Медицинские	На базе медицинских учреждений	АКБ	Зависит от типа используемого электролита, который может загрязнять почву, грунтовые воды и водоемы	Отработана	Использование литиевых аккумуляторов	Отработана	Соблюдение требований эксплуатации АКБ, применение систем контроля и управления, балансировки, своевременная замена АКБ после выработки ресурса
		Резина	Разлагается более 100 лет	Отработана	–	–	–

Таблица 5. Экологические аспекты утилизации разных типов мобильных роботов (продолжение)

Тип роботов	Организация утилизации	Экологические последствия утилизации			Методы снижения воздействия на окружающую среду		
		Основные типы отходов утилизации	Воздействие на окружающую среду	Технология переработки или рециклинга	Замена материалов в конструкции на более безопасные для окружающей среды	Технология переработки или рециклинга новых материалов	Дополнительные мероприятия
Биороботы	Отсутствует	Титан, нержавеющая сталь	Не разрушаются в тканях организма, необходимо извлечение	Отработана	Биоразлагаемые магниевые сплавы	Полная биорезорбция за 7...10 мес	–
		Золото, серебро, платиноиридиевый сплав, кобальтовые сплавы, вольфрам, нихром	Не разрушаются в тканях организма, необходимо извлечение	Отработана	–	–	–
		Полимеры	Разлагаются в течение 100...250 лет, образуют микропластик	Частично отработана	Биоразлагаемые полимеры, разрушаются за 3...12 мес	Разрабатывается	–

Таблица 5. Экологические аспекты утилизации разных типов мобильных роботов (окончание)

Тип роботов	Организация утилизации	Экологические последствия утилизации			Методы снижения воздействия на окружающую среду		
		Основные типы отходов утилизации	Воздействие на окружающую среду	Технология переработки или рециклинга	Замена материалов в конструкции на более безопасные для окружающей среды	Технология переработки или рециклинга новых материалов	Дополнительные мероприятия
Биороботы	Отсутствует	ЭКБ	Содержит тяжелые металлы и редкоземельные элементы	Отработана	–	–	Использование в аппаратуре бессвинцовых припоев, кроме ответственных блоков
		АКБ	Зависит от типа используемого электролита, который может загрязнять почву, грунтовые воды и водоемы	Отработана	Использование литиевых аккумуляторов	Отработана	Соблюдение требований эксплуатации АКБ, применение систем контроля и управления, балансировки, своевременная замена АКБ после выработки ресурса
		Резина	Разлагается более 100 лет	Отработана	–	–	–

В части замены материалов конструкции робота на более безопасные для окружающей среды, необходимо сделать следующее уточнение. Такая замена возможна, если биоразлагаемые аналоги применяемых в настоящее время пластических масс и композиционных материалов будут обеспечивать соответствующие характеристики надежности, которые не приведут к росту аварий и снижению ресурса роботов вместе с соответствующим возрастанием массы отходов.

Разворачивание предприятий, профилированных по определенному виду роботов позволит унифицировать производственный процесс и снизить затраты на разработку соответствующего технологического оборудования. Должна быть подготовлена законодательная база, которая будет обязывать производителей использовать для выпуска новых роботов сырье, полученное путем рециклинга. Также необходим выпуск соответствующих нормативных документов, которые устанавливают стандарты для ряда узлов и агрегатов отдельных видов роботов. Это позволит значительно облегчить процесс утилизации и повысить эффективность повторного использования компонентов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе выполнена количественная оценка массы отходов утилизации, проведен анализ экологических аспектов утилизации и представлены принципы организации утилизации и рециклинга разных типов мобильных роботов на базе различных предприятий в рамках единой системы.

Были получены следующие результаты:

1. Количественные показатели для оценки воздействия отходов робототехники на окружающую среду;

2. Оценка массы отходов при эксплуатации парка мобильных роботов в городе с населением 100 000 чел.;

3. Оценка массы неперерабатываемых отходов утилизации БПЛА при различных показателях его надежности и стоимости летного часа;

4. Зависимость массы отходов утилизации бытовых и сервисных роботов от перегрева при монтаже электронных блоков системы управления;

5. Перспективность коммерциализации рециклинга сухопутных роботов;

6. Необходимость государственных дотаций предприятиям, осуществляющим рециклинг отходов утилизации БПЛА и подводных роботов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агеев А.М., Попов А.С. Требования к надежности бортовых комплексов управления беспилотных летательных аппаратов различного класса // Воздушно-космические силы. Теория и практика. – 2018. – № 7. – С. 95-101.

2. Амосов Н.А., Албаша Т., Кузнецова Е.Ю. Проблемы управления жизненным циклом транспортных средств в концепции устойчивого развития // Российские регионы в фокусе перемен. Сборник докладов XIV Международной конференции. – Екатеринбург: ООО "Издательство УМЦ УПИ", 2020. С.20-24.

3. Бобович Б.Б. Проектирование транспортных средств с учетом последующей утилизации // Экология и промышленность России. – 2017. – Т.21. – № 12. – С. 49-53. –DOI: 10.18412/1816-0395-2017-12-49-53.

4. Бобович Б.Б., Малыхина К.А., Старостин А.В., Тихонова Т.А. Повышение утилизируемости транспортных средств на стадии их проектирования // Сборник материалов 94 международной научно-технической конференции Ассоциации автомобильных инженеров «Беспилотные транспортные средства: проблемы и перспективы». – Нижний Новгород: НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2016. – С.136–139.

5. Гагунов С.А. Проектирование легких коммерческих автомобилей с учетом требований утилизации в конце жизненного цикла // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. –2018. – № 2 (121). – С. 138-145.

6. Кусраева О.С. Совершенствование управления системой рециклинга отходов // Дисс… канд. эконом. наук. – СПб, 2009. – 124 с.

7. Никитин В.Н., Раков Д.Н. Оценка экономической эффективности использования беспилотных аэрофотосъемочных комплексов // Вестник сибирской государственной геодезической академии. – 2013. – № 4 (24). – С.48-56.

8. Хачатрян С.А. Выбор оптимального способа повышения надежности невосстанавливаемых объектов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – № 12. – С. 785-787.

9. Южанин И.Н. Обзор методов определения пробега до списания подвижного состава автомобильного транспорта // Интернет-журнал «Науковедение». – 2014. – № 2 (21). – URL: https://znanium.com/catalog/product/500801 (дата обращения: 10.08.2021).

10. Hartmann F., Baumgartner M., Kaltenbrunner M. Becoming sustainable, the new frontier in soft robotics // Advanced Materials. – 2020. – Vol. 33. – Iss. 19. – DOI: 10.1002/adma.202004413.

11. Williams E. et al. Toward Upcycled and Sustainable Robotics: Developing an Accessible, Flexible, and Environmentally Friendly Robotics Platform // 2019 IEEE International Symposium on Technology and Society (ISTAS) – 2019. – P. 1-5. – DOI: 10.1109/ISTAS48451.2019.8937945.

PROBLEMS OF UTILIZATION AND RECYCLING OF AUTONOMOUS MOBILE ROBOTS IN THEIR MASS APPLICATION. PART 2

Starovoytov E.I. (Cand. Sci. (Ingenering))

Radio Engineering Corporation «Vega», Moscow, Russian Federation; ***estarovoitov@vega.su***

Abstract. In the second part of this article analyzes the problems associated with the utilization of various types of autonomous mobile robots and determines the efficiency of their recycling. The prospects of commercialization of recycling of ground robots and the need for state subsidies to enterprises engaged in recycling of UAVs and underwater robots are established. An assessment of the mass of waste during the operation of a fleet of mobile robots in a city with a population of 100,000 people has been carried out. Quantitative indicators for assessing the impact of robotics waste on the environment and methods for reducing the accompanying negative impact on the environment has been determined, the dependence of the volume of waste of household and service robots's utilization on overheating during the assembly of electronic control system units is obtained. The influence of reliability indicators on the mass of waste of UAV's utilization and the cost of UAV operation has been investigated.

Keywords: mobile robots; unmanned aerial vehicles; utilization; recycling; environment

REFERENCES

1. Ageev A.M., Popov A.S. Trebovaniya k nadezhnosti bortovykh kompleksov upravleniya bespilotnykh letatel'nykh apparatov razlichnogo klassa [The Reliability Requirements for onboard Control Complexes of different classes Unmanned Aerial Vehicles]. *Vozdushno-kosmicheskie sily. Teoriya i praktika* [*Aerospace forces. Theory and practice*]. 2018. No 7. P. 95-101.

2. Amosov N.A., Albasha T., Kuznetsova E.Yu. Problemy upravleniya zhiznennym tsiklom transportnykh sredstv v kontseptsii ustoychivogo razvitiya [Vehicle Life Cycle Management Problems in the Concept of Sustainable Development]. Rossiyskie regiony v fokuse peremen. Sbornik dokladov XIV Mezhdunarodnoy konferentsii [XIV International Conference «Russian Regions in the Focus of Changes»]. Ekaterinburg: OOO "Izdatel'stvo UMTs UPI", 2020. P. 20-24.

3. Bobovich B.B. Proektirovanie transportnykh sredstv s uchetom posleduyushchey utilizatsii [The Designing of Transport Vehicles with Consider to Their Subsequent Disposal]. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii* [*Ecology and Industry of Russia*]. 2017. Vol. 21. No 12. P. 49-53. DOI: 10.18412/1816-0395-2017-12-49-53.

4. Bobovich B.B., Malykhina K.A., Starostin A.V., Tikhonova T.A. Povyshenie utiliziruemosti transportnykh sredstv na stadii ikh proektirovaniya [Improving Recyclable Vehicles at the Design Stage]. Sbornik materialov 94 mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii Assotsiatsii avtomobil'nykh inzhenerov «Bespilotnye transportnye sredstva: problemy i perspektivy» [Collection 94th International Scientific and Technical Conference of the Association of Automotive Engineers «Unmanned Vehicles: Problems and Prospects»]. Nizhniy Novgorod: NGTU im. R.E. Alekseeva, 2016. P. 136-139.

5. Gagunov S.A. Proektirovanie legkikh kommercheskikh avtomobiley s uchetom trebovaniy utilizatsii v kontse zhiznennogo tsikla [Light commercial Vehicles Designing with Considering end-of-life Vehicles recycling Requirements]. *Trudy NGTU im. R.E. Alekseeva* [*Transactions of NNSTU n.a. R.E. Alekseev*]. 2018. No 2 (121). P. 138-145.

6. Kusraeva O.S. Sovershenstvovanie upravleniya sistemoy retsiklinga otkhodov [Improving the management of the waste recycling system]. Thesis submitted in fulfillment of the requirements for the degree Ph.D. (Econom.). SPb., 2009. 124 p.

7. Nikitin V.N., Rakov D.N. Otsenka ekonomicheskoy effektivnosti ispol'zovaniya bespilotnykh aerofotos"emochnykh kompleksov [Unmanned Aerial Photograpy Complexes Application: Cost-effectiveness Assessmenr]. *Vestnik sibirskoy gosudarstvennoy geodezicheskoy akademii* [*Siberian State Academy of Geodesy Bulletin*]. 2013. No 4 (24). P. 48-56.

8. Khachatryan S.A. Vybor optimal'nogo sposoba povysheniya nadezhnosti nevosstanavlivaemykh ob"ektov [Choice of an Optimal Method to increase Reliability of non-recoverable Items]. *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy* [*International Journal of Applied and Fundamental Research*]. 2016. No 12. P. 785-787.

9. Yuzhanin I.N. Obzor metodov opredeleniya probega do spisaniya podvizhnogo sostava avtomobil'nogo transporta [Review of Methods for Determining the Mileage to Retirement rolling Stock of road transport]. *Internet-zhurnal «Naukovedenie»* [Internet magazine «Science studies»]. 2014. No 2 (21). URL: https://znanium.com/catalog/product/500801 (appeal date 10.08.2021).

10. Hartmann F., Baumgartner M., Kaltenbrunner M. Becoming sustainable, the new frontier in soft robotics // Advanced Materials. 2020. Vol. 33. Iss. 19. DOI: 10.1002/adma.202004413.

11. Williams E. et al. Toward Upcycled and Sustainable Robotics: Developing an Accessible, Flexible, and Environmentally Friendly Robotics Platform // 2019 IEEE International Symposium on Technology and Society (ISTAS) 2019. P. 1-5. DOI: 10.1109/ISTAS48451.2019.8937945.

Уважаемые Авторы!

Общие рекомендации по оформлению рукописей:

1. При подготовке электронной версии материалов используется редактор Microsoft Word for Windows.
2. Для файла статьи используется формат *.doc, *docx.
3. Рисунки, формулы, таблицы и схемы располагаются по месту в тексте статьи. В виде отдельных файлов в формате .jpg наилучшего качества предоставляются рисунки и схемы. Названия файлов должны соответствовать нумерации и названиям соответствующих рисунков и схем в статье.
4. Статья не должна превышать объем более 20 стр. (свыше 20 стр. – по согласованию с редакцией), включая рисунки, схемы, таблицы и т.п.
5. При наборе используются **Times New Roman**, **12, полуторный интервал, поля со всех сторон – 2,5 см**. Отступ красной строки **1,25**.
6. При наборе текста используется только русский или английский языки без смешения русских и латинских букв в одном слове.
7. Таблицы создаются с использованием только редактора Word или Excel.
8. Формулы следует нумеровать в круглых скобках (например, (2)).
9. Библиографические ссылки оформляют по ГОСТ Р 7.9.5-2008, в тексте статьи заключают в квадратные скобки (например, [2]).

Файл рукописи должен включать в себя:

1. **УДК**
2. **ЗАГЛАВИЕ СТАТЬИ** на русском и перевод на английский язык. Заглавие должно быть информативным; в заглавии статьи можно использовать только общепринятые сокращения; в переводе заглавия на английский язык допускается транслитерация с русского языка только непереводимых названий собственных имен, приборов и др. объектов, имеющих собственные названия.
3. **Фамилия, имя, отчество** автора (авторов) на русском и английском языках. Указывается ученая степень, звание и должность автора.
4. **Адресные сведения авторов**, включающие электронный адрес для переписки, телефон для оперативной связи, наименование организации (ведомства), город и страну. Также дается официальное наименование организации на английском языке.
5. **Аннотация** на русском и английском языках. Объем текста аннотации определяется содержанием публикации (объемом сведений, их научной ценностью и/или практическим значением), должен быть не менее 100-250 слов.
6. **Ключевые слова** на русском и английском языках.
7. **Текст статьи.**
8. Пристатейный **список литературы** должен быть представлен двумя вариантами для русскоязычного и англоязычного блока. **Для русскоязычного блока** список приводится в следующем порядке: сначала источники на русском языке в алфавитном порядке (оформление согласно ГОСТ Р 7.0.5-2008), затем англоязычные источники также в алфавитном порядке, затем ссылки на интернет-источники в порядке появления в тексте, например:

1. Кравцов В.А. Массы атомов и энергии связи ядер. – М.: Атомиздат, 1974. – 344 с.
2. Магницкий Н.А. Теория сжимаемого осциллирующего эфира // Сложные системы. – 2018. – № 4 (29). – С. 4-24.
3. Magnitskii N.A. Theory of compressible oscillating ether // Results in Physics. – 2019. – No. 12. – P. 1436–1445.
4. URL: https://periodictable.com/Isotopes/ (дата обращения 01.08.2019).

9. **Для англоязычного блока** (**References**) сохраняется та же нумерация, что и в русскоязычном блоке, при этом источники на русском языке должны быть представлены в романском алфавите (при транслитерации используется стандарт **Board of Geographic Names (BGN)** с помощью программы https://translit.ru/ru/bgn/) с переводом названия статьи и источника, приведенными в квадратных скобках, например:

1. Kravtsov V.A. Massy atomov i energii svyazi yader [Оригинальный перевод названия на англ.яз]. M.: Atomizdat. 1974. 344 p.
2. Magnitskii N.A. Teoriya szhimayemogo ostsilliruyushchego efira [Оригинальный перевод названия статьи на англ.яз]. *Slozhnyye systemy [The complex systems]*. 2018. No. 4 (29). P. 4-24.
3. Magnitskii N.A. Theory of compressible oscillating ether. *Results in Physics*. 2019. No. 12. P. 1436-1445.
4. URL: https://periodictable.com/Isotopes/ (appeal date 01.08.2019).

Англоязычный блок полностью (название статьи, ФИО автора, официальное наименование организации, аннотация, ключевые слова, ссылки) размещается после текста статьи на русском языке.

Желаем плодотворной работы!