



No 43 (2020)

P.2

The scientific heritage

(Budapest, Hungary)

The journal is registered and published in Hungary.

The journal publishes scientific studies, reports and reports about achievements in different scientific fields. Journal is published in English, Hungarian, Polish, Russian, Ukrainian, German and French.

Articles are accepted each month. Frequency: 12 issues per year.

Format - A4

ISSN 9215 — 0365

All articles are reviewed

Free access to the electronic version of journal

Edition of journal does not carry responsibility for the materials published in a journal. Sending the article to the editorial the author confirms it's uniqueness and takes full responsibility for possible consequences for breaking copyright laws

Chief editor: Biro Krisztian

Managing editor: Khavash Bernat

- Gridchina Olga - Ph.D., Head of the Department of Industrial Management and Logistics (Moscow, Russian Federation)
- Singula Aleksandra - Professor, Department of Organization and Management at the University of Zagreb (Zagreb, Croatia)
- Bogdanov Dmitrij - Ph.D., candidate of pedagogical sciences, managing the laboratory (Kiev, Ukraine)
- Chukurov Valeriy - Doctor of Biological Sciences, Head of the Department of Biochemistry of the Faculty of Physics, Mathematics and Natural Sciences (Minsk, Republic of Belarus)
- Torok Dezso - Doctor of Chemistry, professor, Head of the Department of Organic Chemistry (Budapest, Hungary)
- Filipiak Pawel - doctor of political sciences, pro-rector on a management by a property complex and to the public relations (Gdansk, Poland)
- Flater Karl - Doctor of legal sciences, managing the department of theory and history of the state and legal (Koln, Germany)
- Yakushev Vasilij - Candidate of engineering sciences, associate professor of department of higher mathematics (Moscow, Russian Federation)
- Bence Orban - Doctor of sociological sciences, professor of department of philosophy of religion and religious studies (Miskolc, Hungary)
- Feld Ella - Doctor of historical sciences, managing the department of historical informatics, scientific leader of Center of economic history historical faculty (Dresden, Germany)
- Owczarek Zbigniew - Doctor of philological sciences (Warsaw, Poland)
- Shashkov Oleg - Candidate of economic sciences, associate professor of department (St. Petersburg, Russian Federation)

«The scientific heritage»

Editorial board address: Budapest, Kossuth Lajos utca 84,1204

E-mail: public@tsh-journal.com

Web: www.tsh-journal.com

CONTENT

BIOLOGICAL SCIENCES

Novikova M., Gryazkin A., Tran T.T., Prokofev A., Novikov Ya. THE FLORISTIC COMPOSITION OF THE FLORA OF DESERTED FARMLANDS IN THE ZONE OF SOUTH TAIGA 3	Yuskov D., Reshetnyk K., Levytska D., Senyk N., Melnyk O., Klochaniuk V. PROTEIN BIOSYNTHESIS DUE TO THE INFLUENCE OF LED LASERS OF SOME STRAINS OF BASIDIUM FUNGI12
Devjashin M. DINAMICS OF HOLOCENE RANGERS OF UNGULATES IN THE SOUTH-EAST OF WESTERN SIBERIA..... 7	

PHYSICS AND MATHEMATICS

Popova N., Miller N., Trefilova I. EVALUATION OF THE GAMMA FUNCTION WITH VARIABLE LIMITS OF INTEGRATION FOR AN ARBITRARY ODD DEGREE15	Yurov V., Zhanabergenov T., Guchenko S. SURFACE LAYER TYPICAL SEMICONDUCTORS20
---	--

TECHNICAL SCIENCES

Pavlov I., Abramova E., Romantseva E., Pavlova M., Abramov S. OVERVIEW OF THE FREQUENCY SYNTHESIZER USED IN RADIO TRANSMITTING DEVICES ON INTEGRATED CIRCUITS.....24	Tereschenko V. ANALYSIS OF MODERN TRENDS OF INFORMATION SEARCH IMPROVEMENT.....41
Zakharenko A., Kotelnikova T., Rashchepkina S. TO DESIGN LIGHTWEIGHT METAL SPATIAL COATINGS.....27	Bondarenko V., Gorkunov B., Cherkashyna V. TAKING INNOVATION TECHNOLOGIES INTO THE DESIGN OF AIR ELECTRIC LINE49
Sarylov O. QUALITY OPERATION METHODOLOGY FOR PRESSURE SENSORS UNDER CONDITIONS OF ELECTROMAGNETIC INTERFERENCE AT ALL STAGES OF THE LIFE CYCLE.....33	Dobrostan O., Drizhd V., Shkarabura I., Maladyka I. SUBSTANTIATION OF THE SIMPLIFIED METHOD OF EVALUATION OF FIRE RESISTANCE OF PROTECTED STEEL STRUCTURES54
Semenova O., Bublisko N., Suleyko T., Reshetniak L. WASTEWATER TREATMENT FROM NITROGEN COMPOUNDS37	

BIOLOGICAL SCIENCES

ВИДОВОЙ СОСТАВ РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА ЗАБРОШЕННЫХ СЕЛЬХОЗЗЕМЛЯХ В ЗОНЕ ЮЖНОЙ ТАЙГИ

Новикова М.А.

*кандидат сельскохозяйственных наук СПбГЛТУ
старший преподаватель института химической переработки биомассы дерева
и техносферной безопасности*

Грязькин А.В.

доктор биологических наук, профессор института леса и природопользования СПбГЛТУ

Чан Чунг Тхань

аспирант института леса и природопользования СПбГЛТУ

Прокофьев А.Н.

аспирант института леса и природопользования СПбГЛТУ

Новиков Я.А.

магистрант института леса и природопользования СПбГЛТУ

THE FLORISTIC COMPOSITION OF THE FLORA OF DESERTED FARMLANDS IN THE ZONE OF SOUTH TAIGA

Novikova M.

*Saint-Petersburg State Forest Technical University,
Candidate of Sciences in Agriculture Senior lecturer institute of chemical wood biomass processing and
technospheric safety*

Gryazkin A.

*Saint-Petersburg State Forest Technical University,
Doctor of Biological Science, Professor institute of forest and natural resources management*

Tran Trun Thanh

*Saint-Petersburg State Forest Technical University,
Postgraduate Student institute of forest and natural resources management*

Prokofev A.

*Saint-Petersburg State Forest Technical University,
Postgraduate Student institute of forest and natural resources management*

Novikov Ya.

*Saint-Petersburg State Forest Technical University,
Student institute of forest and natural resources management*

Аннотация

Объект исследования - заброшенные сельхозземли различной давности на территории Тверской области (зона южной тайги). Рельеф территории холмистый. Каждый из трех холмов исследовался в 4 направлениях – северный, южный, западный и восточный склоны, а также вершина холмов. Цель исследования – оценка видового разнообразия растительности на сельхозугодьях, заброшенных в разные периоды.

Учет растительности осуществлялся на круговых площадках по 10 м². Древесная растительность представлена березой, сосной, осиной и ольхой. Часть деревьев имеют искусственное происхождение – это полезащитные полосы, рядовые посадки вдоль дорог и мелиоративных канав, одиночные деревья по кромкам полей. Численность деревьев варьирует в широких пределах – от 20 до 67 экз./га.

Подрост представлен в основном березой, осиной и сосной общей численностью до 2867 экз./га. В подросте чаще всего ива козья и рябина обыкновенная, общей численностью от 33 до 2566 экз./га.

Установлено, что в составе живого напочвенного покрова на заброшенных сельхозземлях встречается 63 вида высших растений, преобладают злаки. Количество видов по отдельным элементам рельефа составляет 19-28 видов. В первые годы смена растительных ассоциаций происходит динамично. Видовой состав травостоя на бывших пашнях стабилизируется через 15-20 лет.

Abstract

The object of the research is the deserted agricultural territories of various ages, located in the territory of Tver' region (the zone of South taiga). The geography is hilly. Each of three hills was examined in 4 directions: North, South, Western and Eastern braes, as well as hill's peaks. The goal of the research is to assess the species diversity of the flora of farmlands deserted in various times.

The recordings of the flora have been accomplished at round landings 10 sq.m. each. The forest cover is represented by birches, pines, aspns and alders. Some of trees are human-made, namely forest shelter belt, ordinary

filling-ups along roads and ameliorative ditches, scattered trees near fields' borders. The number of trees varies significantly – 20 to 67 pcs./hectare.

New growth is mainly represented by birch, asp and pine totalling up to 2867 pcs./hectare. There are goat willow and roan-tree in the understory, totalling 33 to 2566 pcs./hectare.

It is ascertained that forest live cover of deserted agricultural lands consists of 63 species of higher plants, mostly grass plants. The number of species which belong to various topographic features is 19-28 species. In the beginning years growing associations change dynamically. The floristic composition of the plant formation is being stabilized in 15-20 years.

Ключевые слова: береза, подлесок, живой напочвенный покров, сельхозземли.

Keywords: birch, forest understory, forest live cover, agricultural lands.

Введение. Проблема зарастания бывших сельхозугодий для России является актуальной до сегодняшнего дня. По данным министерства сельского хозяйства более 40 млн. га заброшенных пашен, сенокосов и пастбищ по всей стране нуждается в рекультивации [4-8]. Живой напочвенный покров, в частности травяной, играет огромную роль в жизни леса [1, 3, 8, 9, 10]. Устойчивый напочвенный покров, который представлен обычно теневыносливыми видами, появляется спустя 15-20 лет. В основном же, как правило, формируется характерный тип растительных формаций – березняк злаковый. Однако, березняк злаковый не отличается большой стабильностью и со временем сменяется одним из основных типов леса, соответствующих данным конкретным условиям [8, 9, 10].

Цель исследования – оценка видовой разнообразия растительности на пашнях, заброшенных в разные периоды.

Объекты и методика. Объект исследования - заброшенные сельхозземли различной давности на территории Тверской области (зона южной тайги). Рельеф территории холмистый. На сельхозземлях в настоящее время произрастают деревья, которые были высажены или появились самосевом еще при использовании этих земель по назначению (полезащитные полосы, рядовые посадки вдоль дорог и мелиоративных канав, одиночные деревья по кромкам

полей). Возраст таких деревьев составляет 45-65 лет для лиственных пород, и около 100 лет для деревьев сосны. Деревья вдоль дорог использовались как снегозадерживающие, высажены они были в 1963-1964 годы. До посадки деревьев вдоль дорог устанавливались снегозадерживающие шалаши.

Каждый из трех холмов исследовался в 4 направлениях – северный, южный, западный и восточный склоны, а также вершина холмов и вниз по склону закладывались учетные площадки по известной методике [2, 3]. Учет и глазомерно-измерительная оценка естественного возобновления проводились по ходовым линиям, которые равномерно размещались на объекте. Для учета подроста и растительности нижних ярусов закладывались круговые учетные площадки с постоянным радиусом 178,5 см. При этом учитывалось состояние подроста, его количество, состав, встречаемость и структура по высоте. На круговых площадках учитывали также подлесок (состав, количество и структуру по высоте) и живой напочвенный покров (видовой состав, проективное покрытие и встречаемость по видам).

Результаты исследования. Обследование холмов по четырем склонам показывает, что в составе древостоев береза преобладает на вершинах холмов, по западным и восточным склонам (Таблица 1).

Таблица 1

Характеристика объектов исследования

Номер объекта	Расположение опытного объекта	С какого года земли заброшены	Состав древесной растительности, %	Примерный возраст деревьев, лет	Общая численность деревьев, экз./га
1.	западный склон	1998	7Б1С2Олс	65	42
2.	восточный склон	1998	5Б1С4Ос	65	26
3.	северный склон	1998	9Олс1Б	45	24
4.	южный склон	2000	Возобновления древесными породами нет		
5.	восточный склон	1997	5Б5Ос	60	33
6.	южный склон	1994	9Б1Ос+Е	65	20
7.	западный склон	1997	9Б1Ос+С	60	36
8.	северный склон	1997	6Б4Ос+Олс	55	30
9.	восточный склон	1998	7Б2Ос1Олс	50	39
10.	северный склон	1998	5Ос3Б2Олс	50	67
11.	западный склон	1990	10Б+Олс	60	32
12.	южный склон	1998	5Б1Ос4Олс	55	67

На бывших полях, сенокосах и пастбищах произрастают крупные деревья в количестве от 20 до 67 экз./га. С участием этих деревьев на заброшенных землях формируются лиственные молодняки, численность которых достигает 3 тыс./га (семенное

и вегетативное самовозобновление). В составе формирующихся лесных фитоценозов чаще всего участвуют одни и те же виды древесных растений: береза, осина, ольха. Береза присутствует на всех

объектах. Значительно реже, и в небольших количествах присутствуют сосна и ель (см. табл. 1).

В ходе исследования было установлено, что численность молодого поколения лесообразующих пород на заброшенных сельхозземлях, в зависимости от лесорастительных условий и давности изменения статуса земель, колеблется в широких пределах, от 240 до 2867 экз./га.

Как видно из таблицы состав, численность и другие характеристики молодого поколения древесных растений по объектам исследования сильно различаются. Это объясняется различной давностью изменения статуса земель и различиями условий местопрорастания.

Таблица 2

Состав и численность подроста

№ п/п	Экспозиция склона	Численность, экз./га	состав
1	западный склон	600	9Бпов1С
2	восточный склон	667	4Бпов3С3Ос
3	северный склон	240	7Бпов3С
4	южный склон	возобновления древесными породами нет	
5	восточный склон	633	5Бпов5Ос
6	южный склон	700	7Бпов1Ос1Бпуш+Д
7	западный склон	1800	9Бпов1Ос+Е
8	северный склон	900	6Бпов4Ос
9	восточный склон	1900	6Ос4Бпов+С
10	северный склон	2867	8Бпов2Ос+С
11	западный склон	732	7Е2Ос1Бпов
12	южный склон	267	6С4Бпов

В ходе исследования было установлено, что на склонах холмов возобновление идет в основном березой повислой. На объектах 9, 11 и 12 в составе формирующихся фитоценозов преобладают осина, сосна и ель. В зависимости от давности заброшенных полей в составе подроста нередко появляются сосна и ель (объекты 1 и 2, 3, 11, 12. Как видно из таблиц 1 и 2 ольха серая и осина преобладают на северных и восточных склонах холмов.

Подлесок представлен ивой козьей и рябиной обыкновенной, численность которого составляет от 33 до 2566 экз./га. Только на объекте 2 подлесок представлен яблоней обыкновенной, а на объекте 3 яблоня преобладает. Изредка на заброшенных землях появляется черемуха.

Видовой состав, количество подроста и подлеска зависит от вида их использования в прошлом (пастбища, сенокосы, пашни) и от характеристик почвы.

В составе живого напочвенного покрова встречается 63 вида высших растений и несколько видов зеленых мхов. При проведении учетных работ по отдельным объектам зафиксировано от 19 до 28 видов, табл. 3.

На южных и западных склонах преобладают злаки, иван-чай и клевер красный, на северных и восточных склонах преобладают дудник лесной, иван-да-марья, ежа сборная, хвощ полевой.

Таблица 3

Структура живого напочвенного покрова

№ объекта	Количество видов	Проективное покрытие, %	Количество видов по группам			
			злаки	бобовые	мелкотравье	прочие
1	19	123	2	2	14	1
2	21	116	3	2	13	2
3	24	108	3	2	17	2
4	26	98	3	1	20	2
5	28	90	3	2	20	3
7	28	102	4	3	17	4
8	26	101	3	3	17	3
9	26	120	3	2	17	4
10	25	113	2	2	19	3
11	19	39	2	0	13	4
12	25	119	2	2	18	3

В целом, в составе травостоя преобладают злаки, клевер красный, звербой, золотарник, хвощ полевой, табл. 4.

Видовой состав доминантов на объектах исследования (встречаемость более 50%)

Номер п/п	Название вида		Встречаемость вида, %
	русское	латинское	
1	Василек луговой	<i>Centaurea jacea L.</i>	83,3
2	Дудник лесной	<i>Angelica sylvestris L.</i>	66,7
3	Ежа сборная	<i>Dactylis glomerata L.</i>	91,7
4	Зверобой перфорированный	<i>Hypericum perforatum L.</i>	100
5	Земляника лесная	<i>Fragaria vesca L.</i>	58,3
6	Золотарник обыкновенный	<i>Solidago virgarea L.</i>	91,7
7	Иван-да-марья	<i>Melampyrum nemorosum L.</i>	58,3
8	Иван чай	<i>Chamaenerion angustifolium L.</i>	83,3
9	Клевер красный	<i>Trifolium pratense L.</i>	91,7
10	Осот полевой	<i>Cirsium arvense (L.) Scop.</i>	75,0
11	Лапчатка прямостоячая	<i>Potentilla erecta (L.) Raeusch.</i>	75,0
12	Мыльнянка лекарственная	<i>Saponaria officinalis L.</i>	58,3
13	Подмаренник настоящий	<i>Galium verum L.</i>	75,0
14	Полынь горькая	<i>Artemisia absinthium L.</i>	83,3
15	Тысячелистник обыкновенный	<i>Achillea millefolium L.</i>	75,0
16	Хвощ полевой	<i>Equisetum arvense L.</i>	100

Общее проективное покрытие доминирующих видов превышает 50%. Встречаемость этих видов на объектах исследования достигает 100%. На данной стадии развития лесных фитоценозов в составе живого напочвенного покрова лесные виды составляют не более 10 % от общего количества учтенных видов.

Выводы

Древесные породы, заселяющие земли, вышедшие из сельскохозяйственного пользования, представлены березой, осиной, ольхой. В единичных случаях встречаются и хвойные породы – сосна и ель. Общая численность лесобразующих пород достигает 2,9 тыс./га.

В составе подлеска на заброшенных землях сельскохозяйственного назначения встречается 4 вида. Численность подлеска на объектах исследования варьирует от 33 до 2566 экз./га.

В живом напочвенном покрове произрастает 63 вида высших растений и несколько видов зеленых мхов. На первой стадии развития лесных фитоценозов (15-20 лет) в составе живого напочвенного покрова лесные виды составляют не более 10 % от общего количества учтенных видов. В составе травостоя преобладают злаки, клевер красный, зверобой, золотарник, хвощ полевой.

Список литературы

1. Бельков В.П., Мартынов А.Н., Омеляненко А.Я. Регулирование травяного покрова в лесу. - М.: Лесная промышленность. 1974. – 112 с.
2. Грязькин, А.В. Пат. 2084129 РФ, МКИ С 6 А 01 G 23/00. Способ учета подроста. № 94022328/13; Заяв. 10.06.94; Оpub. 20.07.97, Бюл. №20
3. Грязькин А.В. Возобновительный потенциал таежных лесов (на примере ельников Северо-

Запада России): монография. - СПб. СПбГЛТА, 2001 - 188 с.

4. Голубева Л.В., Наквасина Е.Н. Зарастание древесной растительностью постагрогенных земель на карбонатных отложениях в Архангельской области // Изв. Санкт-Петербургской лесотехнической академии. - Вып. 210. - СПб. 2015 - С. 25-36

5. Данилов, Д.А., Жигунов А.В., Красновидов А.Н. и др. Выращивание древесных насаждений на постагрогенных землях. – СПб. Изд-во Политехнического университета, 2016. - 130 с.

6. Данилов Д.А. Сукцессионные процессы на постагрогенных землях Ленинградской области // Леса России: политика, промышленность, наука, образование: материалы второй международной научно-технической конференции. - Том 1. – СПб, 2017. – С. 59-61.

7. Красновидов А.Н., Данилов Д.А., Рябинин Б.Н., Шестаков В.И. Перспективы выращивания лесных насаждений на землях, вышедших из сельскохозяйственного оборота // Изв. Санкт-Петербургской лесотехнической академии. - 2014. - С. 80-91.

8. Оловяникова И.Н. Взаимотношения древесной и травяной растительности в лесных насаждениях на южных черноземах Балашовской области // Труды института леса, 1958, т. 43.

9. Татарников Д.В. Анализ природы сосуществования видов травяно-кустарничкового покрова в южно-таежном березняке // Экология. – 2005. - № 6. - С. 409-414.

10. Цветков В.Ф. Этюды экологии леса. - Архангельск. 2009. – 354 с.

**ДИНАМИКА ГОЛОЦЕНОВЫХ АРЕАЛОВ КОПЫТНЫХ ЖИВОТНЫХ ЮГО-ВОСТОКА
ЗАПАДНОЙ СИБИРИ****Девяшин М.М.**

научный сотрудник, к.б.н.

Институт экологии растений и животных УрО РАН,

**DYNAMICS OF HOLOCENE RANGERS OF UNGULATES IN THE SOUTH-EAST OF WESTERN
SIBERIA****Devjashin M.**

Researcher, PhD

Institute of Plant and Animal Ecology

Аннотация

Проведен анализ географического распределения остатков копытных из местонахождений возрастом 7000 – 200 лет назад на юго-востоке Западной Сибири. На протяжении голоцена на территории равнинной части юго-востока Западной Сибири обитало 13 видов копытных. В течение голоцена происходило постепенное обеднение состава фауны копытных млекопитающих в результате двух процессов: вымирания (тур, дикая лошадь, гигантский олень) и сокращения ареалов (благородный олень, сайга, джейран, дзерен, архар). Ареалы ряда видов (кабан, лось, сибирская косуля) в последние столетия показывали сложную динамику, в результате чего эти виды полностью исчезли с рассматриваемой территории, но в настоящее время восстановили свои ареалы.

Abstract

An analysis is made of the geographical distribution of the remains of ungulates from archaeological sites at the age of 7000 - 200 years ago in the southeast of Western Siberia. During the Holocene, 13 ungulate species inhabited the plains of the southeast of Western Siberia. In the Holocene, there was a gradual decrease in the composition of the fauna of ungulate mammals as a result of two processes: extinction (round, wild horse, giant deer) and range reduction (red deer, saiga, gazelle, dzeren, argali). The ranges of a number of species (wild boar, elk, Siberian roe deer) in recent centuries have shown complex dynamics, as a result of which these species completely disappeared from the territory under consideration, but now have restored their ranges.

Ключевые слова: Западная Сибирь, голоцен, копытные, фауна, палеозоология.

Keywords: Western Siberia, Holocene, ungulates, fauna, paleozoology.

За последние столетия значительно усилились изменения, происходящие в экосистемах планеты под воздействием антропогенных факторов. Для объективной оценки степени этих изменений, их направленности и выработки стратегии по сохранению биоразнообразия необходимы знания о процессах формирования современных экосистем и развития их отдельных компонентов. Притом, если работы по ревизии и динамике фауны млекопитающих в плейстоцене относительно многочисленны, изучению голоценовой фауны Западной Сибири посвящено немного работ. Среди них встречаются обобщения данных для отдельных или нескольких местонахождений, сгруппированных по географическому принципу (например: Косинцев, 1988; Бондарев, Кассал, 2006; Косинцев, Явшева, 2006; Косинцев, Явшева, 2009; Девяшин, Косинцев, 2013), так и по истории отдельных таксономических групп млекопитающих, либо отдельных видов или групп видов близких видов – снежного барана *Ovis nivicola* (Оводов, 1999), зайца толая *Lepus tolai* (Оводов, Мартынович, 2008), сурков *Marmota* gen. (Девяшин и др., 2019) и т.д.

Одним из важных компонентов современных экосистем являются копытные млекопитающие. Представители этой группы – первичные консументы, оказывающие непосредственное влияние на фитоценозы; основные жертвы крупных хищников;

прокормители разнообразных паразитов. Их костные остатки служат источником данных для палеоэкологических реконструкций в большей степени, чем других видов крупных млекопитающих. В различных типах местонахождений остатки представителей этой группы наиболее многочисленны среди остатков всех групп крупных млекопитающих.

Целью настоящей работы является анализ географической и временной динамики состава фауны копытных млекопитающих на территории равнинной части юго-востока Западной Сибири.

Материал и методы

Район исследования охватывает территорию между 59 и 50° с.ш. и от бассейна р. Иртыш на западе и бассейна р. Обь на востоке. В административном отношении занимает Омскую, Новосибирскую, Кемеровскую области, Алтайский край, отдельные р-ны Томской области, а также северо-восточные районы Республики Казахстан. На территории региона с севера на юг сменяют друг друга подтаежная, лесостепная и степная зоны. В пределах этих зон природные условия незначительно меняются с запада на восток.

В работе изучены оригинальные и опубликованные данные о костных остатках копытных животных из 306 местонахождений голоценового возраста. Большая часть материала происходит из многослойных археологических стоянок и поселений и

датирован, исходя из их культурной принадлежности (Троицкая, Новиков, 2004). По большинству местонахождений имеются радиоуглеродные даты.

Местонахождения сгруппированы в соответствии с периодами голоцена (Хотинский и др., 1991): средний (атлантический и суббореальный периоды, AT–SB, 8000–2600 л. н.) и поздний (субатлантический период, SA 2600–250 л.н.). Местонахождения, датируемые ранним голоценом (пребореальный и бореальный периоды, PB–BO, 10200–

8000 л.н.) на юго-востоке Западной Сибири практически не представлены.

Результаты

В голоценовых отложениях исследуемого региона представлены находки 13 видов копытных животных (табл. 1). Из них три вида вымерли в разное время в голоцене (дикая лошадь, тур и гигантский олень), пять видов сократили свои ареалы и исчезли из региона (кулан, благородный олень, сайга, дзерен, джейран), остальные виды обитают в регионе по настоящее время.

Таблица 1

Видовой состав копытных животных юга Сибири в голоцене

Вид	Период голоцена		Современность
	AT-SB	SA	
Кулан (<i>Equus hemionus</i>)	+	+	-
Дикая лошадь (<i>Equus ferus</i>)	+	-	-
Кабан (<i>Sus scrofa</i>)	+	+	+
Сибирская косуля (<i>Capreolus pygargus</i>)	+	+	+
Гигантский олень (<i>Megaloceros giganteus</i>)	+	-	-
Благородный олень (<i>Cervus elaphus</i>)	+	+	-
Лось (<i>Alces alces</i>)	+	+	+
Северный олень (<i>Rangifer tarandus</i>)	+	+	+
Дзерен (<i>Procapra gutturosa</i>)	+	-	-
Тур (<i>Bos primigenius</i>)	+	-	-
Джейран (<i>Gazella subgutturosa</i>)	+?	-	-
Архар (<i>Ovis ammon</i>)	+	+	+
Сайга (<i>Saiga tatarica</i>)	+	+	-

Примечание. “+” – вид присутствует, “-” – вид отсутствует.

Кулан (*Equus hemionus* (Pallas 1775)). Костные остатки кулана описаны в 8 местонахождениях, их большая часть датируется средним голоценом – AT и SB периодами. В это время присутствие кулана отмечено для археологических памятников юга Западной Сибири (Ахинжанов и др., 1992; Мерц, 2002). Немногочисленность находок костей кулана свидетельствует о том, что данный вид на исследуемой территории был достаточно редок. Наиболее вероятно, что кулан проникал на территорию Западной и Южной Сибири из соседних степных и полупустынных регионов в отдельные периоды времени или во время сезонных кочевков. Северная граница его распространения, очевидно, не выходила за пределы 53° с.ш. Самые поздние остатки кулана датируются концом суббореального периода (Киришин и др., 1988; Гальченко, 1993). В настоящее время вид на изучаемой территории не обитает, хотя по историческим свидетельствам в 18–19 вв. в летний период куланы заходили в степи Северного Казахстана (Млекопитающие фауны России, 2009), а в начале 20 в. животные проникали с территории Монголии в восточный Казахстан (Гептнер, 1961).

Дикая лошадь (*Equus ferus* (Boddaert 1785)). Дикие лошади были представлены в регионе непрерывно с позднего плейстоцена и до исторического времени (Косинцев и др., 2013). Костные остатки дикой лошади встречаются в среднеголоценовых местонахождениях степной и лесостепной зон Западной Сибири (Васильев и др., 2011; Косинцев и др., 2013; Marchenko et al., 2015). Точное время вымирания дикой лошади неизвестно. В поселениях

более позднего времени, начиная с конца SB, присутствуют костные остатки домашней формы лошади, которые невозможно отличить от дикой формы на основании морфологических признаков. Наиболее поздние находки дикой лошади в регионе датируются SB1 – 4270±170 (Sitnikov et al. 2007) и происходят с территории Новосибирского Приобья. В историческое время дикие лошади – тарпаны – еще встречались в Барабинской лесостепи и южнее, однако были истреблены в начале 19 в. (Кириков, 1966). Основной причиной исчезновения тарпанов стало прямое истребление человеком и хозяйственное освоение степных угодий (Кириков, 1959).

Кабан (*Sus scrofa* (L. 1758)). Костные остатки кабана встречаются в местонахождениях повсеместно на территории региона (рис. 1, а). Паллас (1773, 1786) неоднократно упоминал кабана как типичного представителя юга Западной Сибири. Северная граница восстановленного ареала вида поднималась в предгорьях Урала до 55° с.ш. или немного севернее, пересекала Иртыш в районе 56–57° с.ш., затем проходила в пространстве между Иртышом и Обью почти по 56° с.ш. Пересекая Обь, северная граница ареала сворачивала к югу, выходя на слияние Бии и Катунь (52–53° с.ш.). Таким образом, все находки остатков кабана сделаны в пределах его восстановленного ареала. В 19 вид интенсивно истреблялся человеком, и в конце 19 – начале 20 вв. его ареал сместился далеко на юг (Гептнер, 1961). Так к 1930 году в период крайней депрессии

этот вид совершенно исчезал на юге Западной Сибири (Слудский и др., 1956). Главной причиной таких изменений видят преследование со стороны человека (Гептнер, 1961). В 40-х и 50-х годах 20 в. численность кабана стала возрастать, а ареал расширяться на север в связи с ослаблением преследо-

вания зверя, упорядочивания охоты и мерами по ре-акклиматизации. К исходу 50-х гг. в Казахстане этот вид практически полностью восстановил свой ареал (Слудский и др., 1956). В настоящее время кабан постоянно обитает на территории лесостепи исследуемой территории вплоть до широты Новосибирска (Данилкин, 2002).

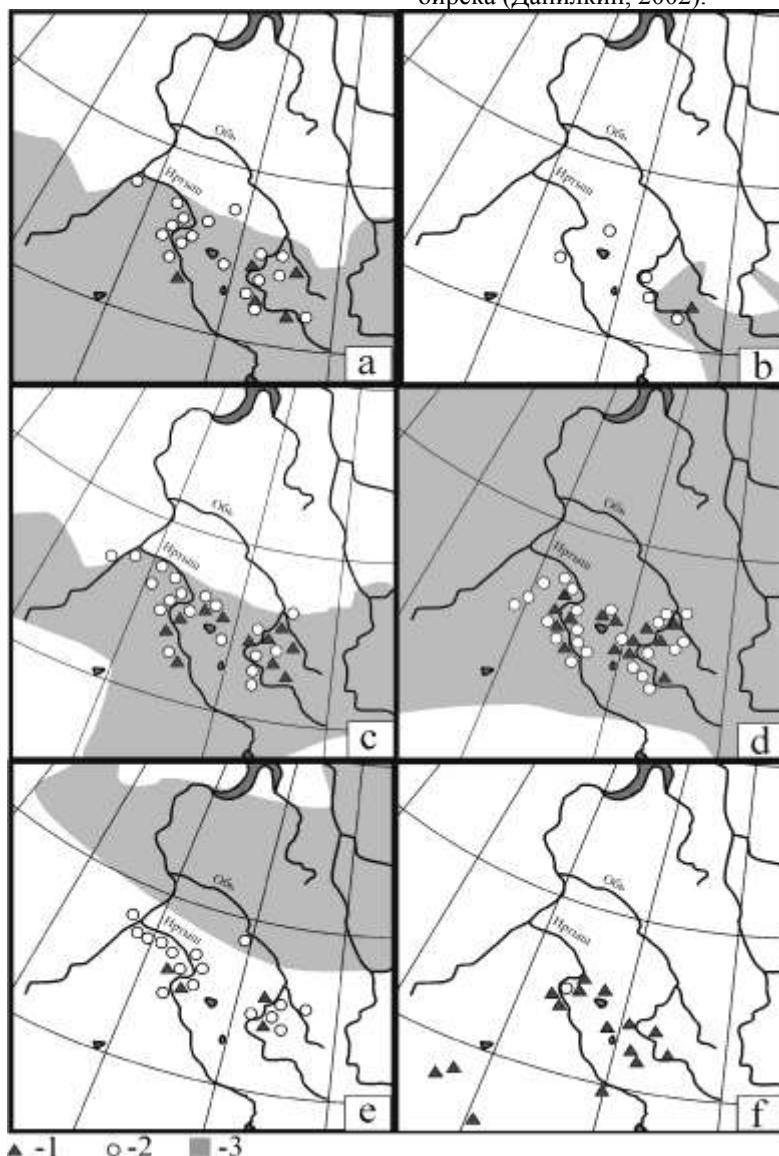


Рис. 1. Схема расположения местонахождений некоторых видов копытных на территории юго-востока Западной Сибири.

1 – местонахождения, датируемые средним голоценом; 2 – местонахождения, датируемые поздним голоценом; 3 – современные ареалы видов на изучаемой территории;
a – кабан, b – благородный олень; c – сибирская косуля; d – лось; e – северный олень; f – сайга.

Благородный олень (*Cervus elaphus* (L. 1758)). В течение всего голоцена благородный олень был представлен в фауне Западной Сибири во всей лесостепной зоне. В конце SB и в SA периоде вид встречался в лесостепном Прииртышье, доходя до границы лесной зоны (54° с.ш.). В настоящее время благородный олень не встречается на исследуемой территории: его ареал за Уралом начинается на Алтае и охватывает, прежде всего, горные районы Восточной Сибири и Дальнего Востока. Однако ещё в 19 веке этот вид был распространён значительно шире, и встречался по речным долинам, отдельным

островкам леса и возвышенностям степей Казахстана, а также заходя на территорию Барабинской лесостепи (Гептнер, 1961; Кириков, 1966).

Сибирская косуля (*Capreolus pygargus* (Pall. 1771)). Костные остатки сибирской косули являются одними из самых многочисленных среди остатков крупных млекопитающих в местонахождениях Западной Сибири. Вид обитал на исследуемой территории в течение всего рассматриваемого периода. За последние столетия её ареал подвергался значительным изменениям, обусловленным истреблением этого вида человеком. Так в 19 веке

косуля почти исчезла на исследуемой территории, а во второй половине 20 века – во многом восстановила свою численность (Гептнер, 1961).

Гигантский олень (*Megaloceros giganteus* (Blum, 1803)). Немногочисленные костные остатки гигантского оленя встречаются в двух местонахождениях Новосибирского Приобья и датируются 7925–7865 л.н. (van der Plicht et al., 2015). На большей части своего позднплейстоценового ареала гигантский олень вымер к началу голоцена, однако его рефугиумы сохранялись в Барабинской лесостепи до начала среднего голоцена (Stuart et al., 2004; van der Plicht et al., 2015).

Лось (*Alces alces* (L. 1758)). В Западной Сибири в течение голоцена лось, наряду с сибирской косулей, являлся одним из наиболее широко представленных видов копытных животных. Его костные остатки многочисленны в местонахождениях региона. Ареал вида в исторический период неоднократно претерпевал значительные изменения. В первой половине 19 в. и в 20-х гг. 20 века отмечалась глубокая депрессия ареала, и на большей части исследуемого региона лось не встречался (Гептнер, 1961). Однако в настоящее время лось – обычный вид в лесной зоне Западной Сибири (Павлинов, Лисовский, 2012), по поймам рек проникает в лесостепную и даже степную зоны (Данилкин, 2005).

Северный олень (*Rangifer tarandus* (L. 1758)). Вид отмечается на всей территории региона в течение среднего и позднего голоцена. Несмотря на отсутствие раннеголоценовых находок северного оленя, этот вид несомненно присутствовал здесь непрерывно с позднего плейстоцена. В голоцене его численность уменьшилась: костные остатки северного оленя в местонахождениях региона по своей численности уступают лосю и сибирской косуле. Точки находок вида расположены преимущественно в современной лесной и лесостепной зоне. Самая южная точка – поселение Ложка-6, датированное концом SB – на 55,7°с.ш. (Девяшин, 2016). Это совпадает с высказываемыми предположениями о южной границе ареала вида в 18 веке (Гептнер, 1961).

Сайга (*Saiga tatarica* (L., 1766)). Голоценовый ареал сайги был значительно шире современного распространения вида. Костные остатки сайги происходят из археологических памятников, расположенных в пределах современных степной и лесостепной зон Западной Сибири и Алтая (рис. 1). Подавляющая часть находок датируется AT и SB периодами голоцена. Северная граница ареала в это время доходила до 56° с.ш. (Косинцев, 1988), куда сайга заходила во время кочевков. Находки, датированные поздним голоценом, происходят только из Омского Прииртышья. Еще в начале SB сайга встречается в южном Зауралье (Косинцев, Кисагулов, 2017). Можно предположить, что сокращение ареала вида началось с конца среднего голоцена. Распространение и численность сайги неуклонно сокращались, хотя еще в историческое время ареал занимал крайний юго-восток Казахстана (Гептнер и др., 1961). В настоящее время вид не представлен в фауне региона (Позвоночные животные России).

Дзерен (*Procapra gutturosa* (Pall. 1771)). Немногочисленные находки дзерена отмечены в трех местонахождениях Алтая и датируются SB. Как и в настоящее время, в голоцене вид, очевидно, был достаточно редок. Распространение в позднем голоцене неизвестно, находок костей дзерена этого периода в регионе нет. По историческим данным в 19 – начале 20 в. северная граница ареала дзерена проходила южнее лесной и горной зон Алтая, Тувы и юга Забайкалья (Данилкин, 2005). В настоящее время в России дзерен встречается только на юге Забайкальского края (Красная книга России, 2000).

Тур (*Bos primigenius* (Bojanus 1825)). Тур обитал в лесостепной зоне Западной Сибири весь средний голоцен (Косинцев, 1988; Девяшин, Косинцев, 2013; Косинцев, Кисагулов, 2018). Уже к концу SB тур полностью вымирает в Западной Сибири: его находок более позднего времени на исследуемой территории нет.

Джейран (*Gazella subgutturosa* (Pall. 1771)). Немногочисленные находки вида описаны из отложений стоянки Шидерты 3 в северном Казахстане (Мерц, 2002), радиоуглеродный возраст которых соответствует AT2-3. Однако, их видовое определение нуждается в специальной проверке. В настоящее время ареал джейрана занимает зоны полупустынь и пустынь Средней, Центральной и Восточной Азии, а также Восточное Закавказье (Гептнер и др., 1961).

Архар (*Ovis ammon* (L. 1758)). Находки вида редки и представлены лишь в степной зоне юга Западной Сибири (Мерц, 2002). Возраст находок соответствует среднему и позднему голоцену. В настоящее время это также немногочисленный вид, обитает в горах Центральной Азии (Позвоночные животные России), а в России встречается только на Алтае (Павлинов, Лисовский, 2012).

Заключение

На протяжении голоцена на территории равнинной части юго-востока Западной Сибири обитало 13 видов копытных. При этом лось и косуля являлись массовыми видами, и на их суммарную долю приходится 80% всех находок копытных.

В течение голоцена происходило постепенное обеднение состава фауны копытных млекопитающих в результате двух процессов: вымирания (тур, дикая лошадь, гигантский олень) и сокращения ареалов (благородный олень, сайга, джейран, дзерен, архар). Кабан, лось и сибирская косуля в последние столетия показывали сложную динамику ареала, в отдельные периоды полностью исчезали с рассматриваемой территории, но в настоящее время восстановили свои ареалы.

Благодарности

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 18-34-00214 мол-а.

Список литературы

1. Абдуганеев М.Т. О хозяйстве населения лесостепного и предгорного Алтая в скифское время // Археология, антропология и этнография Сибири. Сборник, посвященный памяти антрополога А. Р. Кима. Барнаул: Изд-во АГУ, 1996. С. 145–153.
2. Адамов А.А. Новосибирское Притоболье в

X–XIV вв. Омск: ОмГПУ, 2000. 256 с.

Алехин Ю.П., Гальченко А.В. К вопросу о древнейшем скотоводстве Алтая (по материалам поселения Колыванское 1) // Культуры древних народов степной Евразии и феномен протогородской цивилизации Южного Урала. Материалы 3-й Междунар. науч. конф. «Россия и Восток: пробл. взаимодействия». Ч. V, кн. 1. 1995. С. 22–26.

3. Ахинджанов С.М., Макарова Л.А., Нурумов Т.Н. К истории скотоводства и охоты в Казахстане (по остеологическому материалу из археологических памятников энеолита и бронзы). Алма-Ата: Гылым, 1992. 218 с.

4. Бондарев А.А., Кассал Б.Ю. История и перспективы развития териофауны Среднего Прииртышья. Вестник ОГУ №6. Омск: 2009.

5. Васильев С.К. Предварительный анализ остеологического материала с поселения Чича-1 по результатам раскопок 2001–2002 гг. / С.К. Васильев, Н. Бенеке, Г. Парцингер, В.И. Молодин // Проблемы археологии, этнографии и антропологии Сибири и сопредельных территорий. Новосибирск: Изд-во Ин-та археологии и этнографии СО РАН, 2002. Т. VIII. С. 277–285.

6. Васильев С.К., Мартынович Н.В., Чемякина М.А. Охота по данным остеологического анализа материалов памятника Омь 1 // Проблемы археологии, этнографии, антропологии Сибири и сопредельных территорий. Материалы VII Годовой итоговой сессии Института археологии и этнографии СО РАН. Декабрь 1999 г. Новосибирск: Изд-во Института археологии и этнографии СО РАН, 1999. С. 119–120.

7. Васильев С.К., Новикова А.В. Фаунистические остатки с памятников Ояшкинского археологического микрорайона // Проблемы археологии, этнографии, антропологии Сибири и сопредельных территорий. Т. XI. Новосибирск: Изд-во ИАЭТ СО РАН, 2005. С. 265–269.

8. Гептнер В.Г., Насимович А.А., Банников А.Г. Млекопитающие Советского Союза. Т.1. Парнокопытные и непарнокопытные. М.: Высшая школа. 1961. С. 700–707.

9. Данилкин А.А. Млекопитающие фауны России и сопредельных регионов. Свиные. Москва: ГЕОС. 2002. 309 с.

10. Данилкин А.А. Млекопитающие фауны России и сопредельных регионов. Полорогие. Москва: ГЕОС. Москва: Тов-во научных зданий КМК. 2005. 505 с.

11. Девяшин М.М. Костные остатки животных из раскопок поселения Ложка-6 // Экология древних и традиционных обществ: материалы V Международной научной конференции. Тюмень, 07–11 ноября 2016 г. 2016. Тюмень: Тюменский государственный университет.

12. Девяшин М.М., Косинцев П.А. Копытные млекопитающие среднего и позднего голоцена юго-востока Западной Сибири // Вестник Томского гос. ун-та. Биология. 2013. Т. 22. №2. С. 127–140.

13. Девяшин М.М., Косинцев П.А., Гасилин В.В. Видовой состав и распространение сурков

(Rodentia, Marmota) на юго-востоке Западной Сибири в голоцене // Зоологический журнал, 2019. Том 98, №4. С. 453–466.

14. Кириков С.В. Изменения животного мира в природных зонах СССР (XIII—XIX вв.): Степная зона и лесостепь. М.: Изд-во АН СССР, 1959. 175 с.

14. Кириков С.В. Промысловые животные, природная среда и человек. М., 1966. 348 с.

15. Красная книга России. Млекопитающие. Отв. ред. В.И. Данилов-Данильян. М.: Астрель. 2000. С. 599–750.

15. Косинцев П.А. Голоценовые остатки крупных млекопитающих Западной Сибири // Современное состояние и история животного мира Западно-Сибирской низменности: Сб. науч. Трудов. Свердловск: УрО АН СССР, 1988. С. 32–51.

16. Косинцев П.А., Кисагулов А.В. Костные остатки тура и крупного рогатого скота из голоценовых местонахождений южного Зауралья // Вестник Оренбургского Гос. Пед. Ун-та. 2018. Т. 25. № 1. С. 44–55.

17. Косинцев П.А., Явшева Д.А. Крупные млекопитающие степей Казахстана в голоцене // Биоразнообразии степных сообществ: материалы международной конференции, 26–27 апр. 2006 г., г. Костанай. Костанайский социально-технический университет. Костанай, 2006. С. 79–87.

18. Косинцев П.А., Явшева Д.А. Промысловые млекопитающие степной зоны Урала и Западной Сибири в голоцене // Вестник ОГУ №6, 2009. С. 164 - 167.

19. Мерц В.К. Погребение каменного века и энеолитический комплекс стоянки Шидерты 3 // Изучение памятников археологии Павлодарского Прииртышья. Сборник научных статей. Павлодар: НПФ «Эко», 2002 С. 75–102.

20. Оводов Н.Д. К истории снежного барана (*Ovis nivicola*) // VI съезд Териологического общества. М., 1999. С. 180.

21. Оводов Н.Д., Мартынович Н.В. Заяц-толай (*Lepus sarpensis* L.) - индикатор аридности Алтае-Саянской горной области // Фауна и флора Северной Евразии в позднем кайнозое. 2008. Екатеринбург - Челябинск. С. 172–181.

22. Павлинов И.Я., Лисовский А.А. Млекопитающие России: Систематико-географический справочник. М.: Товарищество научных изданий КМК. 2012. 604 с.

23. Позвоночные животные России. Млекопитающие. [Электронный ресурс]. Отв. исп. Петросян В.Г. Режим доступа: <http://www.sevin.ru/vertebrates>, свободный. Дата обращения: 6.04. 2017.

24. Ситников С.М., Васильев С.К., Кирюшин К.Ю. Анализ фаунистических остатков с поселения Новоильинка III // Проблемы археологии, этнографии, антропологии Сибири и сопредельных территорий. Материалы Годовой сессии Института археологии и этнографии СО РАН, 2007 Т. XIII. С. 363–366.

25. Слудский А.А., Байдавлетов Р.Ж., Бекенов А., Жиряков В.А., Поле В.В., Фадеев В.А., Федосенко А.К. Млекопитающие Казахстана. В 4-х то-

мах. 1984. Т.3. ч. 4. Парнокопытные (Олени, Кабарговые, Свиные) и Непарнокопытные (семейство Лошадиные). Алма-Ата: «Наука» КазССР. 232 с.

26. Троицкая Т.Н., Новиков А.В. Археология Западно-Сибирской равнины: Учебное пособие. Новосибирск, 2004. 136 с

27. Хотинский Н.А., Алешинская З.В., Гуман М.А., Климанов В.А., Черкинский А.Е., 1991. Новая схема периодизации ландшафтно-климатических изменений в голоцене // Известия АН СССР.

Серия географ. № 3. С. 30–42.

28. Stuart A.J., Kosintsev P.A., Higham T.F.G., Lister A.M. Pleistocene to Holocene extinction dynamics in giant deer and woolly mammoth // Nature. 2004. V. 431. P. 684–689.

29. Van der Plicht J., Molodin V.I., Kuzmin Y.V., Vasiliev S.K., Postnov A.V., Slavinsky V.S. New Holocene refugia of giant deer (*Megaloceros giganteus* Blum.) in Siberia: updated extinction patterns // Quaternary Science Reviews. 2015. V. 114. P. 182–188.

БІОСИНТЕЗ БІЛКА ЗА ВПЛИВУ LED ЛАЗЕРІВ ДЕЯКИХ ШТАМІВ БАЗИДІЄВИХ ГРИБІВ

*Юськов Д.С.,
Решетник К.С.,
Левицька Д.Р.,
Сеник Н.Ф.,
Мельник О.М.,
Клочанюк В.В.*

Донецький національний університет імені Василя Стуса, м. Вінниця, Україна

PROTEIN BIOSYNTHESIS DUE TO THE INFLUENCE OF LED LASERS OF SOME STRAINS OF BASIDIUM FUNGI

*Yuskov D.,
Reshetnyk K.,
Levytska D.,
Senyk N.,
Melnyk O.,
Klochaniuk V.*

Vasyl' Stus Donetsk National University, Vinnitsa, Ukraine

Анотація

В роботі досліджено вплив LED лазерів різних спектрів опромінення на біосинтез загального протеїну *P.ostreatus*. Встановлено, що за дії LED-лазерів червоного, синього, та зеленого спектру, нагромадження протеїну міцелієм двох штамів перевищує результати контролю. Кожен штам реагував краще на різні спектри. Для штаму Р-2011 найбільше накопичення протеїну було зафіксовано при опроміненні зеленим світлом (532 нм), - 25,4 г/дм³, а для штаму Р-153 за дії синього світла(405 нм) даний показник становив 28,8 г/дм³ відповідно.

Abstract

The effect of LED lasers of different irradiation spectra on the biosynthesis of common *P.ostreatus* protein has been investigated. It has been found that due to the red, blue and green LEDs, the accumulation of mycelium by two strains exceeds the control results. Each strain responded better to different spectra. For strain R-2011, the highest protein accumulation was recorded by irradiation with green light (532 nm) - 25.4 g / dm³, and for strain R-153 under the action of blue light (405 nm) this indicator was 28.8 g / dm³, respectively.

Ключові слова: базидієві гриби, опромінення, протеїн.

Keyword: basidium mushrooms, irradiation, protein.

Вступ.

Види гриба *Pleurotus* мають дуже багато корисних якостей для людства і в теперішній час урбанізації та збільшення кількості населення загалом, використовують в промисловості та медицині. (1) Відомо, що макроміцети є невід'ємними компонентами наземних екосистем, забезпечуючи їх нормальне функціонування (2).

Pleurotus ostreatus у природніх умовах зазвичай росте на деревах, старих пнях. Проте цей гриб можна культивувати інтенсивним способом в промислових масштабах використовуючи різноманітні целюлозовмісні субстрати та в домашніх умовах

для отримання плодових тіл, які мають в собі великий харчовий потенціал (3). Дослідження цього базидієвого гриба, показує що це цінний харчовий продукт, який має в своєму складі високоякісні протеїни, які складаються з 18 видів амінокислот. (4)

На даний час активно розвиваються методи утилізації сільськогосподарських відходів за допомогою бази дієвих грибів, зокрема на прикладі *Pleurotus ostreatus* розробляються нові способи стимулювання його росту та стадії плодоношення при культивуванні його на різних видах субстратів. (5-6)

У зв'язку з цим метою нашої роботи було дослідити біосинтез білка за впливу LED лазерів деяких штамів базидієвих грибів.

Досліджувався штами P-2011, P-153 *Pleurotus ostreatus* із колекції культур шапинкових грибів кафедри фізіології та біохімії рослин ДонНУ імені Василя Стуса. З метою вивчення впливу лазерного опромінення на кількість білка, *Pleurotus ostreatus* опромінювали за допомогою енергозберігаючих світлодіодних лазерних систем: BRP-3010-5, з випромінюванням червоного спектру з довжиною хвилі 635 нм, BBR-3010-5 з випромінюванням синього спектру з довжиною хвилі 405 нм та BGP-3010-5 з випромінюванням зеленого спектру з довжиною хвилі 532 нм (виробник BOB LASER Co., Китай).

Потужність кожного лазера становила 100 мВт. Обробка проводилася одноразово протягом 10 сек. У дослідженнях використані наступні варіанти опромінення: 1) контроль – без опромінення; 2) одноразове опромінення червоним лазером протягом 10 сек; 3) одноразове опромінення синім лазером протягом 10 сек; 4) одноразове опромінення зеленим лазером протягом 10 сек.

Кількість білка визначали спектрофотометрично, використовуючи метод біуретової реакції. В якості розчинника використовували дистильовану воду (для альбумінів) або розчин NaCl (для глобулінів). [6]. Усі досліди проводили у трикратній повторюваності.

Статистичну обробку проводили за допомогою пакета статистичних програм [7].

Результати дослідження та обговорення.

У результаті наших досліджень накопичення білка на двох різних штаммах варіювалось, залежності від спектру променя. Було встановлено що при опроміненні міцелію штаму P-2011 світлодіодним лазером довжина хвилі якого складала 532 нм, концентрація білка сягнуло 25,4 г/дм³. Також активне накопичення концентрації білка було зафіксоване за довжини хвилі 405 нм, воно склало 23,6 г/дм³, а за довжини хвилі 635 нм накопичення становить 19,8 г/дм³. Всі варіанти досліду порівняно з контролем 17 г/дм³ мають позитивний ефект (Рис.1).

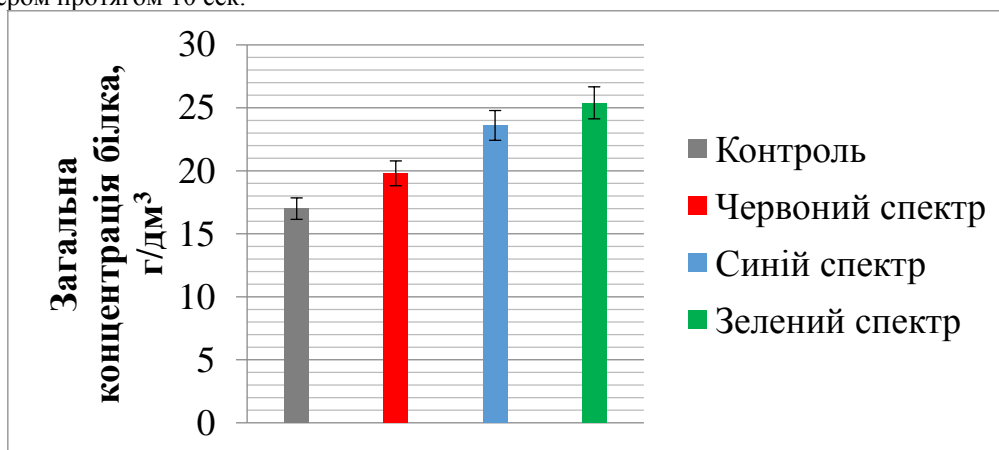


Рис. 1. Вплив лазерного опромінення на концентрацію загального білка міцелію штаму P-2011 *Pleurotus ostreatus*.

При опроміненні міцелію штаму P-153 *Pleurotus ostreatus* також зростає загальна концентрація білка, за дії різних спектрів світла.

Найкраще накопичення білка було зафіксовано за дії довжини 405 нм, воно сягнуло 28,8 г/дм³.

Опромінення когерентними променнями світла за довжини хвилі 532 нм, та 635 нм, стимулювало накопичення білка досліджуваного штаму 21,7 г/дм³, та 20,1 г/дм³ відповідно.

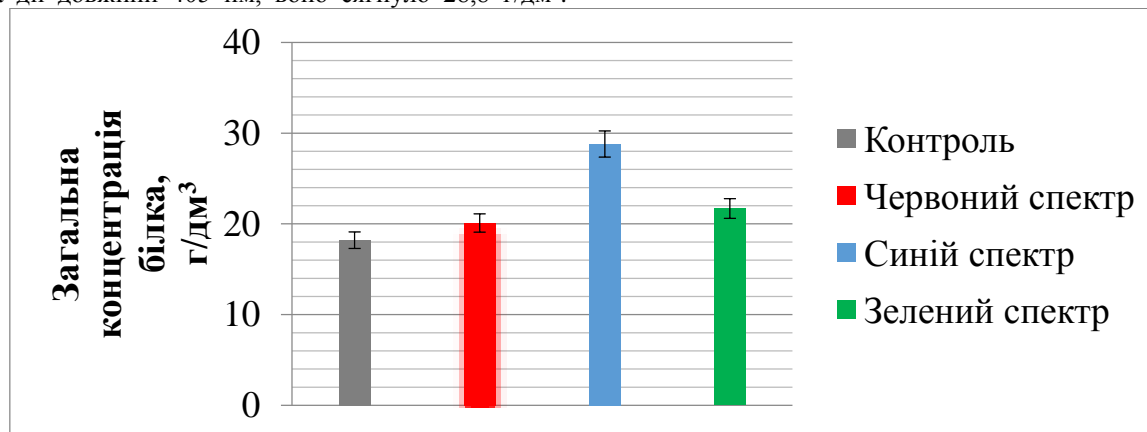


Рис. 2. Вплив лазерного опромінення на концентрацію загального білка міцелію штаму P-153 *Pleurotus ostreatus*.

Висновки.

Таким чином проведенні нами дослідження показали, що за дії LED-лазерів червоного, синього, та зеленого спектру, нагромадження протеїну міцелієм двох штамів перевищує результати контролю. Слід зауважити, що кожен штам реагував краще на різні спектри. Для штаму P-2011 найбільше накопичення протеїну було зафіксовано при опроміненні зеленим світлом (532 нм), - 25,4 г/дм³, а для штаму P-153 за дії синього світла (405 нм) даний показник становив 28,8 г/дм³ відповідно.

Список літератури

1. Chang S. T. Mushrooms. Cultivation, nutritional value, Medicinal effect and Environmental impact / S. T. Chang, Ph. G. Miles – London, N.Y., Washington: CRC Press, 2004. – 451 p.
2. Reshetnyk K., Levytska D., Senyk N., & Yuskov D. (2019). Some Xylotrophic Mushrooms of the Podil's Region. *The Scientific Heritage*, (40-2 (40)), 17-20.
3. Rossman A.Y., Farr D.F., Akulov A.Yu. *Cosmospora stegonsporii* Rossman, Farr et Akulov sp. nov. // *Fungal Planet*. — 2008. — 23. — P. 1—2
4. Бухало А.С., Бабицкая В.Г., Бисько Н.А., Вассер С.П., Дудка И.А., Митропольская Н.Ю., Михайлова О.Б., Негрейко А.М., Поединок Н.Л., Солонко Э.Ф. Биологические свойства лекарственных макромицетов в культуре: Сборник научных трудов в двух томах / Под ред. чл.-кор. НАН Украины С.П. Вассера. – Киев: Альтерпрес. – Т. 1, 2011. – 212 с.
5. Трухоновец, В.В., Колодий, Т.А., Бисько, Н.А., Поединок, Н.Л. (2013), вегетативный рост и плодоношение грибов рода *pleurotus* на растительных субстратах, *известия гомельского государственного университета им. Ф. Скорины*, (80), 159-165.
6. Биологические особенности лекарственных макромицетов в культуре. Т. 2 / под ред. С. П. Вассера. – К.: Альтерпрес, 2011. – 212 с.
7. Приседський Ю.Г. Пакет програм для проведення статистичної обробки результатів біологічних експериментів / Ю.Г. Приседський. – Донецьк: ДонНУ, 2005. – 84 с.

PHYSICS AND MATHEMATICS

ОЦЕНИВАНИЕ ГАММА-ФУНКЦИИ С ПЕРЕМЕННЫМИ ПРЕДЕЛАМИ ИНТЕГРИРОВАНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОЛЬНОЙ НЕЧЕТНОЙ СТЕПЕНИ

Попова Н.И.

*кандидат педагогических наук, доцент
Новосибирский военный институт имени генерала армии И.К. Яковлева
войск национальной гвардии Российской Федерации*

Миллер Н.В.

*кандидат педагогических наук
Сибирский государственный университет путей сообщения*

Трефилова И.А.

*кандидат экономических наук
Сибирский государственный университет путей сообщения*

EVALUATION OF THE GAMMA FUNCTION WITH VARIABLE LIMITS OF INTEGRATION FOR AN ARBITRARY ODD DEGREE

Popova N.

*Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor
Novosibirsk Military Institute named after General I.K. Yakovlev
Army of National Guard Troops Russian Federation*

Miller N.

*Candidate of pedagogical sciences
Siberian State University of Communication*

Trefilova I.

*Candidate of Economic Sciences
Siberian State University of Communication*

Аннотация

Актуальность и цели. В работе рассматривается оценивание плотности стандартного гауссова распределения по нижней срезке интервала. Гамма-распределение в настоящее время широко применяется в теоретических исследованиях физики, информатики и других науках, она имеет важное значение в теории надежности. Гамма-распределение широко применяют при описании появления отказов стареющих элементов, времени восстановления, наработки на отказ резервированных систем. При различных параметрах гамма-распределение принимает разнообразные формы, что и объясняет его широкое применение.

Материалы и методы. Для получения необходимых оценок использовались широко используемые методы математического анализа и известные свойства гауссова распределения. Несобственный интеграл рассматривался на интервале $(0, \infty)$.

Результаты. Значимость полученных в работе результатов состоит в том, выполнено оценивание гамма-функции с переменными пределами интегрирования для произвольной нечетной степени m .

Выводы. В работе показано, что обе границы для параметра m не могут быть улучшены.

Abstract

Relevance and purpose. The paper considers the estimation of the density of the standard Gaussian distribution in the lower cut interval. Gamma-distribution is now widely used in theoretical studies of physics, computer science and other Sciences, it is important in the theory of reliability. Gamma-distribution is widely used in the description of the appearance of failures of aging elements, recovery time, time between failures of redundant systems. With different parameters, the gamma distribution takes a variety of forms, which explains its wide application.

Materials and methods. Widely used methods of mathematical analysis and known properties of the Gaussian distribution were used to obtain the necessary estimates. The improper integral was considered on the interval $(0, \infty)$.

Results. The significance of the results obtained in this work is the evaluation of the gamma function with variable limits of integration for an arbitrary odd power m .

Summary. It is shown that both bounds for the parameter m cannot be improved.

Ключевые слова: степенные неравенства, функция распределения, гамма-функция, распределение Гаусса, неулучшаемые оценки.

Keywords: exponential inequalities, distribution function, gamma function, Gaussian distribution, neulussheim evaluation.

Введение

Гамма-распределение является двухпараметрическим распределением. Оно занимает важное место в теории надежности. Плотность распределения имеет ограничение с одной стороны ($0 \leq x < \infty$). Если параметр m формы кривой распределения принимает целое значение, то это свидетельствует о вероятности появления такого же числа событий (например, отказов) при условии, что они независимы и появляются с постоянной интенсивностью λ .

Гамма-распределение широко применяют при описании появления отказов стареющих элементов, времени восстановления, наработки на отказ резервированных систем. При различных параметрах гамма-распределение принимает разнообразные формы, что и объясняет его широкое применение.

В классическом интегральном определении гамма-функции пределы интегрирования фиксированы. На практике широкое применение получили интегральные срезки гамма-функций с переменным верхним либо нижним пределом интегрирования.

Рассмотрим срезки гамма-функции Эйлера

$\Gamma(k, x) = \int_x^\infty t^{k-1} e^{-t} dt$ и нижний срезки плотности стандартного гауссова распределения

$Q(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_x^\infty e^{-\frac{t^2}{2}} dt$. Оцениванию данных

интегралов посвящены многие работы, в которых получены различные оценки сверху и снизу через некоторые значения подынтегральной функции [1, 3, 4]. В работах А. Барикза в качестве подынтегральной функции рассматривается непрерывно дифференцируемая вероятностная плотность $f(x)$ с носителем $(0; \infty)$ [2].

Полагается, что данная функция $f(x)$ является логарифмически вогнутой, т.е. для всех x, y из интервала $(0; \infty)$ и $0 < \theta < 1$ выполняется неравенство

$$\log f(\theta x + (1-\theta)y) \geq \theta \log f(x) + (1-\theta) \log f(y). \quad (1)$$

Пусть $F(x)$ соответствующая функция распределения, т. е. $F'(x) = f(x)$, а $F^*(x) = 1 - F(x)$. Из определения функции

$F^*(x)$ следует, что $F^*(x) = \int_x^\infty f(t) dt$ является

нижней срезкой интеграла от плотности.

Отметим, что неравенство (1) для логарифмически выпуклой функции меняет знак на противоположный. В работе [4] при наложенных ограничениях для всех положительных x, y получено неравенство, которое справедливо для распределения Вейбулла и хи-квадрат распределения

$$F^*(x+y) \leq F^*(x)F^*(y) \quad (2)$$

В качестве примеров распределений, удовлетворяющих (2), можно указать нормированную неполную гамма-функцию $G(k, x)$ и дополнительную функцию ошибок $\operatorname{erfc}(x)$, которые определяются формулами:

$$G(k, x) = \frac{\Gamma(k, x)}{\Gamma(k)}, \quad \operatorname{erfc}(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_x^\infty e^{-t^2} dt,$$

$$\text{где } \Gamma(k) = \int_0^\infty t^{k-1} e^{-t} dt.$$

В силу того, что $f(x)$ логарифмически выпуклая функция, получаем

$$F^*(x)F^*(y) \leq F^*(x+y) \quad (3)$$

Данное неравенство встречается редко, поэтому с точки зрения теоретических исследований вызывает интерес получение аналога данному неравенству в виде:

$$F^{*2}(x) \leq F^*(mx) \quad (4)$$

при подходящем значении параметра m . Отметим, что в последнем неравенстве квадрат функции $F^*(x)$ оценивается через значение этой функции в некоторой точке.

Для неравенства (4) в работе [5] выводится функция $Q(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_x^\infty e^{-\frac{t^2}{2}} dt$, которая имеет

важное значение в теоретических исследованиях. При $1 \leq m \leq \sqrt{2}$, для любого $x \in \mathbb{R}$ справедливо неравенство:

$$Q^2(x) \leq Q(mx) \quad (5)$$

Цель настоящей работы заключается в том, чтобы получить степенные оценки более высокого порядка типа (5), не ухудшаемые по нечетному параметру $m=2k+1$. Сформулируем основные результаты данной статьи.

Теорема 1. Пусть $1 \leq m \leq \sqrt{2k+1}$, где $k \in \mathbb{N}$. Тогда для любого действительного x справедливо неравенство:

$$Q^{2k+1}(x) < Q(mx) \quad (6)$$

Замечание. Оценка в теореме 1. остается справедлива при $0 \leq m < 1$ для любого $x > 0$.

Поскольку, в этом случае имеем $0 \leq mx < x$.

Так как подынтегральная функция $z(t) = e^{-\frac{t^2}{2}}$ положительна и $Q(x) < 1$, получаем: $Q(mx) > Q(x) > Q^{2k+1}(x)$.

Важно отметить, что оценка в теореме 1. являются неулучшаемой по параметру m . Тогда, справедливы утверждения.

Теорема 2. Для любого $\varepsilon > 0$ существует $x \in \mathbb{R}$ такое, что:

$$Q^{2k+1}(x) > Q\left(\left(\sqrt{2k+1} + \varepsilon\right) \cdot x\right) \quad (7)$$

Теорема 3. Для любого $\varepsilon > 0$ существует $x \in R$ такое, что:

$$Q^{2k+1}(x) > Q\left((1 - \varepsilon) \cdot x\right) \quad (8)$$

1. Доказательство основного результата

При доказательстве теоремы 1. воспользуемся схемой близкой к рассмотренной в работе [5]. При $m = 1$ неравенство (6) справедливо в силу того, что $0 < Q(x) < 1$.

Тогда, функция $Q(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_x^\infty e^{-\frac{t^2}{2}} dt$ убывает, так как подынтегральная функция $z(t) = e^{-\frac{t^2}{2}}$

положительна. Поэтому достаточно доказать неравенство (6) для $m = \sqrt{2k+1}$.

Обозначения $S(x) = Q^{2k+1}(x) - Q(\sqrt{2k+1}x)$, тогда

$$S(0) = \frac{1}{2^{2k+1}} - \frac{1}{2} < 0 \quad (9)$$

$$\lim_{x \rightarrow -\infty} S(x) = \lim_{x \rightarrow -\infty} \left(Q^{2k+1}(x) - Q(\sqrt{2k+1}x) \right) = 1 - 1 = 0 \quad (10)$$

$$\lim_{x \rightarrow +\infty} S(x) = \lim_{x \rightarrow +\infty} \left(Q^{2k+1}(x) - Q(\sqrt{2k+1}x) \right) = 0 - 0 = 0 \quad (11)$$

Продифференцируем интеграл по параметру, получаем

$$Q'(x) = \left(\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_x^\infty e^{-\frac{t^2}{2}} dt \right)' = \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^x e^{-\frac{t^2}{2}} dt \right)' = -\frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2}}.$$

Аналогично

$$Q'(\sqrt{2k+1}x) = \left(\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{\sqrt{2k+1}x}^\infty e^{-\frac{t^2}{2}} dt \right)' = \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{\sqrt{2k+1}x} e^{-\frac{t^2}{2}} dt \right)' = -\frac{\sqrt{2k+1}}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(k+1)x^2}{2}}.$$

Получаем

$$S'(x) = -(2k+1)Q^{2k}(x) \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2}} + \frac{\sqrt{2k+1}}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(2k+1)x^2}{2}} = \sqrt{\frac{2k+1}{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2}} \left(e^{-kx^2} - \sqrt{2k+1} Q^{2k}(x) \right).$$

Положим $s(x) = e^{-kx^2} - \sqrt{2k+1} Q^{2k}(x)$, тогда

$$s(0) = 1 - \frac{\sqrt{2k+1}}{2^{2k}} > 0 \quad (12)$$

$$\lim_{x \rightarrow -\infty} s(x) = -\sqrt{2k+1} < 0 \quad (13)$$

На интервале $(-\infty; 0]$ функция $f(x) = e^{-x^2}$ возрастает, а функция $Q(x)$ убывает. Отсюда, в силу оценок (12), (13), на этом интервале функция $s(x)$ один раз меняет знак минус на плюс. Поэтому функция $S(x)$ на отрицательной полуоси имеет один минимум. Дальнейшее доказательство проводим при условии, что $s(x) > 0$ при $x > 0$.

Имеем:

$$Q(x) = \int_x^\infty \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{t^2}{2}} dt < \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_x^\infty e^{-\frac{t^2}{2}} \frac{t}{x} dt = -\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \frac{1}{x} e^{-\frac{t^2}{2}} \Big|_x^\infty = \frac{e^{-\frac{x^2}{2}}}{\sqrt{2\pi} \cdot x}. \quad (4)$$

Следовательно,

$$Q^{2k}(x) < \frac{e^{-kx^2}}{\left(\sqrt{2\pi}\right)^k x^{2k}}.$$

Отсюда

$$s(x) = e^{-kx^2} - \sqrt{2k+1}Q^{2k}(x) > e^{-kx^2} - \sqrt{2k+1} \frac{e^{-kx^2}}{(\sqrt{2\pi})^k x^{2k}} = e^{-kx^2} \left(1 - \frac{\sqrt{2k+1}}{(2\pi)^k x^{2k}} \right) \quad (15)$$

В силу (15) справедливо неравенство $s(x) > 0$ при $x > \frac{(2k+1)^{\frac{1}{4k}}}{\sqrt{2\pi}}$.

Оценим $s(x)$ на $\left[0; \frac{(2k+1)^{\frac{1}{4k}}}{\sqrt{2\pi}} \right]$. Так как функция $f(x) = e^{-x^2}$ на этом интервале убывает, а $Q(x) < \frac{1}{2}$, то:

$$s(x) = e^{-kx^2} - \sqrt{2k+1}Q^{2k}(x) > e^{-k \frac{(2k+1)^{\frac{1}{2k}}}{2\pi}} - \frac{\sqrt{2k+1}}{4^k} > 0 \quad (16)$$

Из (16) следует, что $s(x) > 0$ на интервале $\left[0; \frac{(2k+1)^{\frac{1}{4k}}}{\sqrt{2\pi}} \right]$.

Следовательно функция $S'(x) = \sqrt{\frac{2k+1}{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2}} (e^{-kx^2} - \sqrt{2k+1}Q^{2k}(x))$ один раз меняет знак минус на плюс на интервале $(-\infty; +\infty)$. Поэтому на всей числовой прямой функция $S(x)$ имеет один минимум. Вместе с (9) – (11) это доказывает, что $S(x) < 0$ при любом x .

Теорема 1. доказана.

2. Неулучшаемость основных результатов по параметру m

Доказательство теоремы 2. При любых положительных значениях x и τ оценим снизу функцию $Q(x)$ Имеем:

$$Q(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_x^\infty e^{-\frac{t^2}{2}} dt > \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_x^{x+\tau} e^{-\frac{t^2}{2}} dt > \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x+\tau)^2}{2}} \cdot \tau.$$

Следовательно,

$$Q^{2k+1}(x) > \left(\frac{1}{2\pi} \right)^{2k+1} e^{-\frac{(x+\tau)^2}{2} (2k+1)} \cdot \tau^{2k+1} \quad (17)$$

Аналогично, при $x > 0$, оценим сверху $Q((\sqrt{2k+1} + \varepsilon) \cdot x)$. Получаем:

$$\begin{aligned} Q((\sqrt{2k+1} + \varepsilon) \cdot x) &= \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{(\sqrt{2k+1} + \varepsilon)x}^\infty e^{-\frac{t^2}{2}} dt < \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{(\sqrt{2k+1} + \varepsilon)x}^\infty e^{-\frac{t^2}{2}} \cdot \frac{t}{(\sqrt{2k+1} + \varepsilon)x} dt = \\ &= -\frac{1}{\sqrt{2\pi}(\sqrt{2k+1} + \varepsilon)x} e^{-\frac{t^2}{2}} \Big|_{(\sqrt{2k+1} + \varepsilon)x}^\infty = \frac{1}{\sqrt{2\pi}(\sqrt{2k+1} + \varepsilon)x} e^{-\frac{(\sqrt{2k+1} + \varepsilon)^2 x^2}{2}} \end{aligned} \quad (18)$$

В силу (17), (18) для доказательства неравенства (7) покажем, что существуют положительные x и τ такие, что: $\left(\frac{1}{2\pi} \right)^{2k+1} e^{-\frac{(2k+1)(x+\tau)^2}{2}} \cdot \tau^{2k+1} > \frac{1}{\sqrt{2\pi}(\sqrt{2k+1} + \varepsilon)x} e^{-\frac{(\sqrt{2k+1} + \varepsilon)^2 x^2}{2}}$.

Последнее неравенство выполняется, например, при малых $\varepsilon > 0$, $x = \frac{1}{\varepsilon^{2k+1}}$, $\tau = \varepsilon$.

Теорема 2. доказана.

Доказательство теоремы 3. Покажем, что существует $x > 0$, такое что $Q^{2k+1}(-x) > Q((\varepsilon - 1) \cdot x)$.

Имеем:

$$Q(-x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-x}^\infty e^{-\frac{t^2}{2}} dt = 1 - \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{-x} e^{-\frac{t^2}{2}} dt = 1 - \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_x^\infty e^{-\frac{t^2}{2}} dt.$$

Отсюда, получаем оценку снизу для $Q(-x)$:

$$Q(-x) = 1 - \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_x^\infty e^{-\frac{t^2}{2}} dt > 1 - \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_x^\infty e^{-\frac{t^2}{2}} \frac{t}{x} dt = 1 + \frac{e^{-\frac{t^2}{2}}}{x} \Big|_x^\infty = 1 - \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \frac{e^{-\frac{x^2}{2}}}{x}.$$

Следовательно,

$$Q^{2n}(-x) > \left(1 - \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \frac{e^{-\frac{x^2}{2}}}{x} \right)^{2k+1}.$$

При положительных x и τ оценим сверху $Q((\varepsilon-1) \cdot x)$. Получаем:

$$\begin{aligned} Q((\varepsilon-1) \cdot x) &= \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{(\varepsilon-1) \cdot x}^\infty e^{-\frac{t^2}{2}} dt = 1 - \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{(\varepsilon-1) \cdot x} e^{-\frac{t^2}{2}} dt = \\ &= 1 - \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{(1-\varepsilon) \cdot x}^\infty e^{-\frac{t^2}{2}} dt < 1 - \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{(1-\varepsilon) \cdot x}^{(1-\varepsilon) \cdot x + \tau} e^{-\frac{t^2}{2}} dt < 1 - \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{((1-\varepsilon) \cdot x + \tau)^2}{2}} \cdot \tau. \end{aligned}$$

Для доказательства (8) осталось показать, что существуют положительные x и τ , такие, что

$$\left(1 - \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \frac{e^{-\frac{x^2}{2}}}{x} \right)^{2k+1} > 1 - \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{((1-\varepsilon) \cdot x + \tau)^2}{2}} \cdot \tau.$$

Эта оценка справедлива, если $1 - \frac{2k+1}{\sqrt{2\pi}} \frac{e^{-\frac{x^2}{2}}}{x} > 1 - \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{((1-\varepsilon) \cdot x + \tau)^2}{2}} \cdot \tau$.

Последнее неравенство выполняется, например, при $\tau = \varepsilon$, $x = \frac{1}{\varepsilon^2}$.

Теорема 3. доказана.

Заключение

В статье получены оценки для произвольной нечетной степени функции $Q(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_x^\infty e^{-\frac{t^2}{2}} dt$. В

теореме 1. доказано, что для $\forall x \in \mathbb{R}$, $k \in \mathbb{N}$ и $m \in [1; \sqrt{2k+1}]$ выполняется неравенство $Q^{2k+1}(x) < Q(mx)$.

В теоремах 2 и 3 показано, что обе границы для параметра m не могут быть улучшены.

Список литературы

1. О некоторых неравенствах для неполной гамма-функции / Х. Алзер // Вычислительная математика. – 1997. – Т. 66, № 218. – С. 771 – 778.
2. Функциональное неравенство для функции выживания гамма-распределения / А. Барикз // Журнал неравенства в теоретической и прикладной математике. – 2008. – Т. 9, № 1. – Статья 13.
3. Неравенства для неполной гамма-функции / П. Наталини, Б. Палумбо // Математические неравенства и приложения. – 2000. – Т. 3, № 1, С.

69 – 77.

4. Два новых неравенства для распределения Гаусса и гамма-распределения / Сяо-Ли Ху // Журнал математических неравенств. – 2010. – Т. 4, № 4. – С. 609 – 613.

5. Уточнение интегрального неравенства для одной неполной функции / Н.И. Попова, Н.В. Миллер, Ю.В. Швец, И.А. Трефилова // Научно-технический вестник Поволжья. – 2017 - №5, С- 26-29

ТОЛЩИНА ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ТИПИЧНЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВ

Юров В.М.*кандидат физ.-мат. наук, доцент**Карагандинский государственный университет имени Е.А. Букетова,
Казахстан, Караганда***Жанаберенов Т.***кандидат технических наук, доцент**Карагандинский государственный университет имени Е.А. Букетова***Гученко С.А.***докторант PhD**Карагандинский государственный университет имени Е.А. Букетова,
Казахстан, Караганда*

SURFACE LAYER TYPICAL SEMICONDUCTORS

Yurov V.*Candidate of phys.-mat. sciences, associate professor**Karaganda State University named after EA. Buketov,
Kazakhstan, Karaganda***Zhanabergenov T.***Candidate of technical sciences, associate professor**Karaganda State University named after E.A. Buketova
Kazakhstan, Karaganda***Guchenko S.***PhD student, Karaganda State University named after EA. Buketov,
Kazakhstan, Karaganda***Аннотация**

В настоящей работе предлагается модель поверхностного слоя атомарно-гладких полупроводников. Толщина поверхностного слоя $d(I)$ типичных полупроводников колеблется от 2,1 нм (Si) до 7,0 нм (PbTe). Размерные эффекты в слое $d(I)$ определяются всем коллективом атомов в системе (коллективные процессы). Такие «квазиклассические» размерные эффекты наблюдаются только в наночастицах и наноструктурах. При толщине $h=d$ происходит фазовый переход. Слой $d(II) \approx 10 \cdot d$ простирается до начала основной фазы. Этот слой связан с неким критическим характерным параметром: длиной свободного пробега носителей в явлениях переноса, размерами доменов, диаметром петли Франка-Рида для скольжения дислокаций и т.п. В этом слое должно быть много размерных эффектов, связанных с оптикой, магнетизмом и другими физическими свойствами.

Abstract

In this work, a model of the surface layer of atomically smooth semiconductors is proposed. The thickness of the surface layer $d(I)$ of typical semiconductors ranges from 2.1 nm (Si) to 7.0 nm (PbTe). Size effects in the $d(I)$ layer are determined by the entire collective of atoms in the system (collective processes). Such “semiclassical” size effects are observed only in nanoparticles and nanostructures. At a thickness $h=d$, a phase transition occurs. The $d(II) \approx 10 \cdot d$ layer extends to the beginning of the main phase. This layer is associated with a certain critical characteristic parameter: the mean free path of carriers in transport phenomena, the size of domains, the diameter of the Frank-Read loop for gliding dislocations, etc. In this layer there should be many dimensional effects associated with optics, magnetisms, and other physical properties.

Ключевые слова: поверхностный слой, наноструктура, типичный полупроводник, размерный эффект.

Keywords: surface layer, nanostructure, typical semiconductor, size effect.

1. Введение

С развитием науки и технологий все больший интерес у исследователей вызывают низкоразмерные структуры их свойства и технологические процессы получения. Кремний является самым распространенным материалом, используемым в полупроводниковой микроэлектронике. Создание современных приборов нанoeлектроники реализуется благодаря формированию функциональных элементов размерами порядка десятков наномет-

ров, в которых физические свойства могут существенно отличаться от свойств объемного материала [1-6].

Сульфид свинца широко применяется в инфракрасной технике, микро- и оптоэлектронике. Его электронные свойства, как и свойства других полупроводников, существенно меняются при переходе из крупнокристаллического состояния в наноструктурированное [7, 9].

Теллуриды свинца, олова и германия являются типичными представителями класса узкозонных полупроводников. Теоретический и практический

интерес к изучению этих материалов обусловлен их уникальными физическими свойствами, связанными с особенностями энергетического спектра носителей заряда и возможностью его плавной перестройки в твердых растворах на основе бинарных соединений [10, 11].

Предсказанные значения ширины запрещенной зоны новых твердых растворов потенциально представляли интерес для создания источников излучения ближнего инфракрасного диапазона на подложках арсенида галлия и особенно вертикально-излучающих лазеров [12, 13].

Ограничимся здесь небольшим обзором типичных полупроводников. Необходимо отметить,

что в монографиях, обзорах и статьях нет сведений о толщине поверхностного слоя полупроводников. Этому и посвящена предлагаемая работа.

2. Описание модели

В работах [14, 15] нами обобщена предложенная модель поверхностного слоя атомарно-гладких металлов. Схематически эта модель представлена на рис. 1 Поверхностный слой атомарно-гладкого полупроводника состоит из двух слоев – d(I) и d(II). Слой толщиной при $h=d$ назван слоем (I), а слой при $h \approx 10d$ – слоем (II) атомарно-гладкого кристалла. При $h \approx 10d$ начинает проявляться размерная зависимость физических свойств полупроводника.

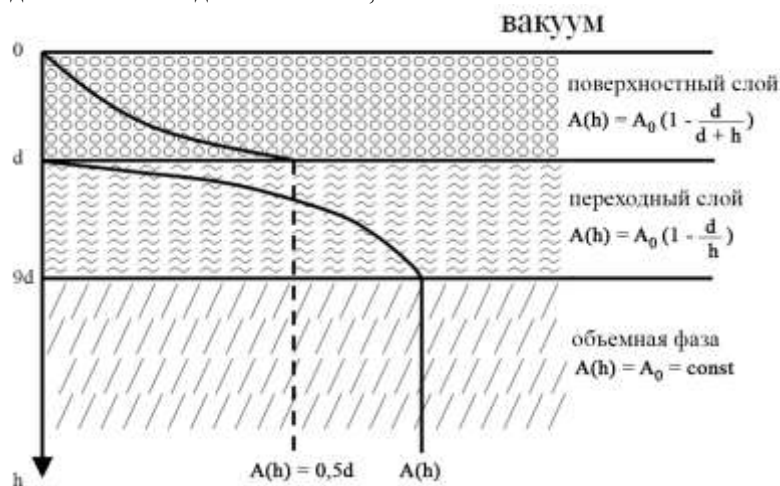


Рисунок 1 Схематическое изображение поверхностного слоя [14]

Для определения толщины поверхностного слоя различных соединений использовалась размерная зависимость некоторого физического свойства $A(r)$ [14, 15]:

$$A(r) = A_0 \cdot \left(1 - \frac{d}{r}\right), \quad r \gg d, \quad (1)$$

$$A(r) = A_0 \cdot \left(1 - \frac{d}{d+r}\right), \quad r \leq d.$$

Параметр d связан с поверхностным натяжением σ формулой:

$$d = \frac{2\sigma v}{RT}, \quad (2)$$

Здесь σ – поверхностное натяжение массивного образца; v – объем одного моля; R – газовая постоянная; T – температура. В [14], а также в [16], показано, что с точностью до 3% выполняется:

$$\sigma = 0.7 \cdot 10^{-3} \cdot T_m, \quad (3)$$

где T_m – температура плавления твердого тела (К). Соотношение выполняется для всех металлов и для других кристаллических соединений. При $T = T_m$ получим:

$$d(I) = 0.17 \cdot 10^{-3} v \quad (4)$$

Уравнение (4) показывает, что толщина поверхностного слоя $d(I)$ определяется одним фундаментальным параметром – молярным (атомным) объемом элемента ($v = M/\rho$, M – молярная масса (г/моль), ρ – плотность (г/см³)), который периодически изменяется в соответствие с таблицей Д.И. Менделеева.

3. Толщина поверхностного слоя типичных полупроводников

В таблице 1 показаны результаты расчета слоев d(I) и d(II) при температуре близкой к температуре плавления. Толщину $d(I)$ экспериментально можно определить методом скользящего рассеяния рентгеновских лучей при внутреннем отражении [17].

Таблица 1

Полупроводник	M, г/моль	ρ , г/м ³	d(I), нм	R	d(II), нм
Si	28,086	2,33	2,1	4	21
Ge	72,630	5,323	2,3	4	23
Te	127,60	6,24	3,5	a/c=8/6	35
Se	78,96	4,79	2,8	a/c=6/5	28
GaAs	144,64	5,32	4,6	8	46
InAs	189,74	5,68	5,7	9	57
GaP	100,70	4,138	4,1	8	41
ZnS	97,474	4,090	4,1	a/c=11/7	41
CdS	144,46	4,82	5,1	a/c=12/8	51
CdSe	191,37	5,81	5,6	a/c=13/8	56
ZnSe	144,35	5,27	4,7	8	47
PbS	239,28	7,5	5,4	9	54
SnS	151,0	5,22	4,9	12	49
PbTe	334,80	8,16	7,0	11	70
SnTe	246,29	6,48	6,5	10	65

Приближенно в слое d(I) находится 4 монослоя кремния и германия ($R=2,1$ нм/0,54 нм – параметр решетки). В слое d(I) происходит реконструкция поверхности [17, 18], меняется на обратный эффект Холла-Петча [19] и другие физические эффекты.

Размерные эффекты в слое d(I) определяются всем коллективом атомов в системе (коллективные процессы). Такие «квазиклассические» размерные эффекты наблюдаются только в наночастицах и наноструктурах [20]. Размер слоя простирается до $d(I) \approx \lambda_{дб}$ ($\sim 0,01-0,1$ нм для металлов) – волна де Бройля, где начинаются квантовые размерные эффекты [21].

Слой d(II) простирается примерно до размера $d(II) \approx 10 d$, где начинается объемная фаза. С этого размера начинаются размерные свойства. Под наноматериалами принято понимать материалы, основные структурные элементы которых не превышают нанотехнологической границы - 100 нм, по крайней мере в одном направлении [20]. Ряд исследователей высказывает мнение, что верхний предел (максимальный размер элементов) для наноструктур должен быть связан с неким критическим характерным параметром: длиной свободного пробега носителей в явлениях переноса, размерами доменов/доменных стенок, диаметром петли Франка-Рида для скольжения дислокаций и т.п. [22]. Значить в слое d(II) должно быть много размерных эффектов, связанных с оптикой, магнетизмом и другими физическими свойствами согласно уравнению 1.

При $h=d$ на рисунке 1 показан фазовый переход, связанный с реконструкцией или релаксацией поверхности. Исследованию фазовых переходов и реконструкций на поверхности твердого тела посвящено большое количество экспериментальных и теоретических работ [17, 23].

Существует мнение [24], что в наноструктурах при $d < 10$ нм роль температуры играет размер. Мы воспользовались теорией Ландау, заменяя температуру T на координату h [25]. Скачок теплоемкости при фазовом переходе для золота $\Delta C_p \approx d = 1,2-1,7$ (Дж/моль·К). В работе [26] проведены расчеты ме-

тодом молекулярной динамики теплоемкости золота при размерах частиц от 1,5 до 5,5 нм. Получено $\Delta C_p \approx 1,65$ (Дж/моль·К), что близко к полученному нами, учитывая приближенность компьютерных расчетов.

Из уравнения (4) следует обратно пропорциональная зависимость толщины поверхностного слоя d(I) от плотности ρ ($d(I) \sim 1/\rho$). С уменьшением плотности толщина поверхностного слоя d(I) возрастает. Это приводит к существенному изменению свойств полупроводника за счет его пористости. Благодаря возможности создания пористых структур с заданными оптическими свойствами пористый кремний используется в солнечной энергетике в качестве антиотражающих текстурированных покрытий [27, 28].

4. Заключение

В работах [14, 15] нами описаны методы экспериментального определения толщин d(I) и d(II) по размерным зависимостям уравнения (1). Однако эмпирические уравнения (4) дают возможность с большой точностью определять параметры полупроводников, связанные с их поверхностью.

Работа выполнена по программе Министерства образования и науки Республики Казахстан. Гранты №0118PK000063 и №Ф.0781.

Список литературы

1. Таран Ю.Н., Куцова В.З., Червонный И.Ф., Швец Е.Я., Фалькевич Э.С. Полупроводниковый кремний: теория и технология производства. - Запорожье, ЗГИА, 2004. – 344 с.
2. Акципетров О.А., Баранова И.М., Евтюхов К.Н. Нелинейная оптика кремния и кремниевых наноструктур. - М.: Физматлит, 2012. – 544 с.
3. Ермолов П.Ф., Карманов Д.Е., Мананков В.М., Меркин М.М. Нейтронно-наведенные эффекты в зонном кремнии, обусловленные дивакансионными кластерами с тетравакансионным ядром // ФТП, 2002. -Т. 36. №10. - С. 1194-1201.
4. Шкляев А.А., Ичикава М. Создание наноструктур германия и кремния с помощью зонда сканирующего туннельного микроскопа // УФН, 2006, том 176, № 9. – С. 913–930.

5. Шкляев А.А., Ичикава М. Предельно плотные массивы наноструктур германия и кремния // УФН, 2008, том 178, № 2. – С. 139–169.
6. Гриценко В.А. Структура границ раздела кремний/оксид и нитрид/оксид // УФН, 2009, том 179, № 9. – С. 921–930.
7. Садовников С.И., Гусев А.И., Ремпель А.А. Новая кристаллическая фаза в тонких пленках сульфида свинца // Письма в ЖЭТФ, 2009, том 89, выпуск 5. – С. 279–284.
8. Садовников С.И., Кожевникова Н.С., Ремпель А.А. Структура и оптические свойства нанокристаллических пленок сульфида свинца // ФТП, 2010, Том. 44, №10. – С. 1394-1400.
9. Парфеньев Р.В., Шамшур Д.В., Немов С.А. Сверхпроводимость сплавов $(\text{Sn}_{1-x}\text{Pb}_x)_1-x\text{In}_x\text{Te}$. // ФТТ, 2001, Том. 43, вып. 10. – С. 1772-1775.
10. Кайданов В.И., Немов С.А., Равич Ю.И. Резонансное рассеяние носителей тока в полупроводниках типа AIVBVI // ФТП, 1992, Т. 26, вып. 2. - С. 201-222.
11. Простомолотов А.И., Вerezуб Н.А., Ильясов Х.Х. Дистанционное и сопряженное моделирование тепломассопереноса и дефектообразование в технологических процессах // Известия ВУЗов. Материалы электронной техники, 2015, Том. 18, №1. – С. 31-36.
12. Гуткин А.А., Брунков П.Н., Егоров А.Ю. Коротковолновый край собственной фотолюминесценции в слабых твердых растворах $\text{GaN}_x\text{As}_{1-x}$ // ФТП, 2009, Том. 43, №10. – С. 1308-1311.
13. Румянцев О.И., Брунков П.Н., Пирогов Е.В., Егоров А.Ю. Фотолюминесценция гетероструктур со слоями $\text{GaP}_{1-x}\text{N}_x$ и $\text{GaP}_{1-x-y}\text{N}_x\text{As}_y$, выращенных на подложках GaP и Si методом молекулярно-пучковой эпитаксии // ФТП, 2010, Том. 44, №7. – С. 923-927.
14. Юров В.М., Гученко С.А., Лауринас В.Ч. Толщина поверхностного слоя, поверхностная энергия и атомный объем элемента // Физико-химические аспекты изучения кластеров, наноструктур и наноматериалов. 2018, □ Вып. 10. – С. 691-699.
15. Юров В.М., Лауринас В.Ч., Гученко С.А. Толщина поверхностного слоя атомарно-гладких магнитных наноструктур // Нано- и микросистемная техника, 2019, №6. – С. 347-352.
16. Рехвиашвили С.Ш., Киштикova Е.В., Кармокова Р.Ю., Кармоков А.М. К расчету постоянной Толмена // Письма в ЖТФ, 2007, Т. 33, вып. 2. – С. 1-7.
17. Оура К., Лифшиц В.Г., Саранин А.А., Зотов А.В., Катаяма М. Введение в физику поверхности. - М.: Наука. 2006. - 490 с.
18. Олянич Д.А., Чубенко Д.Н., Грузнев Д.В., Саранин А.А., Зотов А.В. Исследование методом сканирующей туннельной микроскопии роста нанострoвков Cu на поверхности $\text{Si}(100)-c(4\times 12)-\text{Al}$ // Письма в ЖТФ, 2007, Том. 33, вып. 21. – С. 31-37.
19. Юров В.М., Лауринас В.Ч., Гученко С.А. Некоторые вопросы физики прочности металлических наноструктур // Физико-химические аспекты изучения кластеров, наноструктур и наноматериалов. 2013. Вып. 5. - С. 408-412.
20. Гусев А.И., Ремпель А.А. Нанокристаллические материалы. - М.: Физматлит, 2001. - 224 с.
21. Арутюнов К.Ю. Квантовые размерные эффекты в металлических наноструктурах // ДАН ВШ РАН. 2015. №3(28). – С. 7-16.
22. Уваров Н.Ф., Болдырев В.В. Размерные эффекты в химии гетерогенных систем // Успехи химии. 2001. Т. 70 (4). – С. 307-329.
23. Мамонова М.В., Прудников В.В., Прудникова И.А. Физика поверхности. Теоретические модели и экспериментальные методы. - М.: Физматлит, 2011. – 400 с.
24. Сергеев Г.Б. Размерные эффекты в нанохимии // Ж. Рос. хим. об-ва им. Д. И. Менделеева, 2002, Том. XLVI, №5. – С. 22-29.
25. Yurov V.M., Guchenko S.A., Laurinas V.Ch., Zavatskaya O.N. Structural phase transition in a surface layer of metals // Вестник КарГУ. Физика., 2019, №1(93). – С. 50-59.
26. Гафнер Ю.Я., Гафнер С.Л., Замулин И.С., Редель Л.В., Байдышев В.С. Анализ теплоемкости нанокластеров ГЦК-металлов на примере Al, Ni, Cu, Pd, Au // ФММ, 2015, Том. 116, №6. – С. 602-609
27. Старков В.В., Иржак Д.В., Барабаненков М.Ю. Пористый кремний: свойства и актуальные применения // Перспективные материалы, 2008, Vol. 1. – P. 102–108.
28. Гостева Е.А., Старков В.В., Пархоменко Ю.Н., Ках М.О. Антибликовые свойства градиентно-пористых кремниевых структур // Альтернативная энергетика и экология, 2017, Том. 231-233, №19-21. – С. 1-10.

TECHNICAL SCIENCES

ОБЗОР ИСПОЛЬЗУЕМОГО СИНТЕЗАТОРА ЧАСТОТЫ В РАДИОПЕРЕДАЮЩИХ УСТРОЙСТВАХ НА ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМАХ

Павлов И.И.

СибГУТИ, к.т.н., доцент

Абрамова Е.С.

СибГУТИ, к.т.н., доцент

Романцева Е.Е.

СибГУТИ, студентка 4 курса

Павлова М.С.

СибГУТИ, ассистент

Абрамов С.С.

СибГУТИ, д.т.н., доцент

OVERVIEW OF THE FREQUENCY SYNTHESIZER USED IN RADIO TRANSMITTING DEVICES ON INTEGRATED CIRCUITS

Pavlov I.

SibSUTIS, candidate of technical Sciences, associate Professor

Abramova E.

SibSUTIS, candidate of technical Sciences, associate Professor

Romantseva E.

SibSUTIS, 4th year student

Pavlova M.

SibSUTIS, assistant

Abramov S.

SibSUTIS, doctor of engineering, associate Professor

Аннотация

В настоящее время человека окружает много техники, техническое развитие которой не стоит на месте. Технический прогресс не прошел стороной радиопередающие устройства на интегральных схемах. На цифровых интегральных схемах можно реализовать практически любой алгоритм обработки сигнала осуществляемый в приемно-усилительных устройствах. В статье рассматривается синтезатор частот, построенный на быстродействующей микросхеме КФ1015ПЛ3А предназначенной для построения современных цифровых частотных синтезаторов с ФАПЧ для КВ, УКВ и дециметрового диапазонов волн. Прибор изготавливают по КМОП-технологии с поликремневым затвором. Представлена одна из возможных схем включения прибора.

Abstract

Currently, a person is surrounded by a lot of technology, the technical development of which does not stand still. Technical progress has not passed and radio transmitting devices on integrated circuits. On digital integrated circuits, you can implement almost any signal processing algorithm implemented in receiving and amplifying devices. The article considers a frequency synthesizer built on the high-speed chip KF1015PL3A designed for building modern digital frequency synthesizers with PLL for HF, VHF and decimeter wave ranges. The device is manufactured using CMOS technology with a polysilicon gate. One of the possible schemes for turning on the device is presented.

Ключевые слова: радиопередающие устройства, передатчик, синтезатор частоты, микросхема, усилитель.

Keywords: radio transmitter, transmitter, frequency synthesizer, chip, amplifier.

Введение

За последнее время существенно повысился технический уровень электронной техники. Быстрое развитие требует создания все более точного и сложного автоматизированного технологического оборудования для изобретения более сложных и совершенных устройств с лучшими характеристиками и параметрами, меньшими габаритами.

Большое значение имеют средства передачи и приема информации. Сегодня существуют различ-

ные информационные системы связи: радиорелейная, оптическая, мобильная, спутниковая и другие. Особое место в электронной технике занимают радиопередающие устройства. В работе [6] был произведен обзор радиопередающих устройств на интегральных схемах, далее рассмотрим синтезатор частот.

Описание синтезатора частоты

Быстродействующая микросхема КФ1015ПЛ3А предназначена для построения современных цифровых частотных синтезаторов с

ФАПЧ для КВ, УКВ и дециметрового диапазонов волн. Прибор изготавливают по КМОП-технологии с поликремневым затвором. Микросхемы серии КФ1015ПЛЗ выпускают в пластмассовом 16-выводном миниатюрном корпусе 4308.16-1. Масса прибора – не более 0.3 г.

В состав микросхемы входят (см. структурную схему на рис. 1) генератора образцовой частоты, делитель образцовой частоты, усилитель - формирователь входных ВЧ импульсов. Также тракт двоичного делителя частоты с программируемым коэффициентом деления, состоящий из двухмодульного предварительного делителя частоты на 31 или 32, пятиразрядного счетчика управления предделите-

лем. 12 старших разрядов программируемого делителя и логического блока управления, частотно - фазовый детектор и 20-разрядные приемный и буферный регистры.

Включенная по типовой схеме с навесными компонентами микросхема способна работать в цифровых синтезаторах с ФАПЧ метрового и дециметрового диапазонов с уменьшенным энергопотреблением.

Цоколевка микросхемы:

Вывод 1 - общий для приемного и буферного регистров, тракта программируемого делителя частоты и частотно-фазового детектора, минусовой вывод питания;

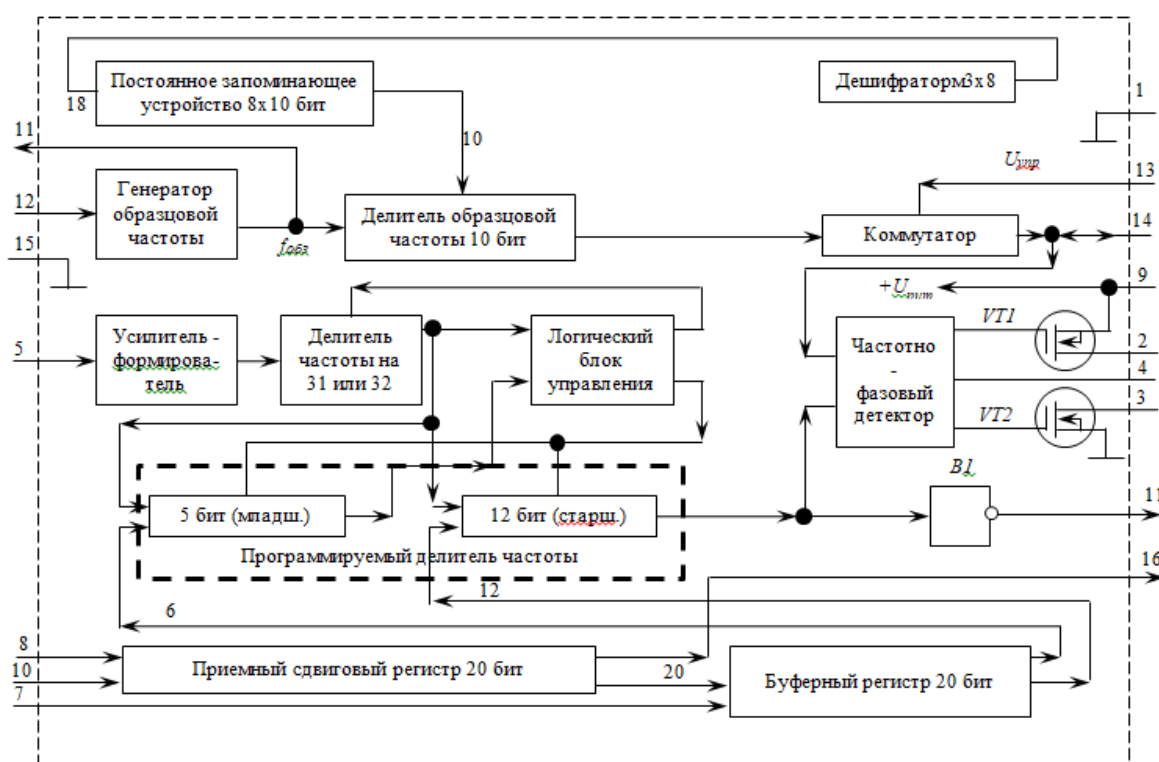


Рисунок 1 Структурная схема синтезатора частоты

Вывод 2 - зарядный выход частотно-фазового детектора (сток полевого транзистора с p -каналом);

Вывод 3 - разрядный выход частотно-фазового детектора (сток полевого транзистора с n -каналом);

Вывод 4 - контрольный выход индикации фазовой синхронизации в петле ФАПЧ;

Вывод 5 - ВЧ вход усилителя – формирователя тракта программируемого делителя;

Вывод 6 - вход программируемого делителя;

Вывод 7 - вход разрешения перезаписи информации из приемного регистра в буферный;

Вывод 8 - вход тактовых импульсов записи информации (С);

Вывод 9 - плюсовой вывод питания;

Вывод 10 - вход записи информации о коэффициентах деления (D);

Вывод 11 - вывод для подключения кварцевого резонатора; выход генератора образцовой частоты;

Вывод 12 - вывод подключения кварцевого резонатора; вход сигнала внешнего генератора образцовой частоты;

Вывод 13 - вход сигнала отключения выхода делителя образцовой частоты (при уровне 1);

Вывод 14 - выход делителя образцовой частоты (при уровне 0 на выв.13) или вход частотно-фазового детектора (при уровне 1 на выв.13);

Вывод 15 - общий для генератора и делителя образцовой частоты, минусовой вывод питания;

Вывод 16 - контрольный выход приемного регистра.

Основные характеристики при $t_{окр.ср} = 25 \pm 10^\circ$ и U питания 5 В

Параметр	Значение
Номинальное напряжение питания, В	4.5...5.5
Пределы коэффициента деления тракта программируемого делителя частоты	992-131071
Коэффициенты деления делителя образцовой частоты	100, 200, 400, 512, 640, 800, 1000, 1024
Интервал входной частоты тракта программируемого делителя, МГц	50...1000
Интервал входной частоты делителя образцовой частоты, МГц	1...50
Чувствительность усилителя-формирователя, $B_{эфф}$, (меньшее значение - для частоты в пределах 50...500 МГц)	0.2...0.9
Чувствительность по входу генератора образцовой частоты (для внешнего кварцевого генератора, $mB_{эфф}$)	100...150
Наибольший потребляемый ток, мА, не более	15
Выходное сопротивление выходов частотно-фазового детектора, Ом, не более	
зарядного	300
разрядного	200
Выходное сопротивление делителя образцовой частоты, Ом, не более	200
Выходное сопротивление контрольного выхода индикации фазовой синхронизации, Ом, не более	200
Выходное сопротивление генератора образцовой частоты, Ом, не более	200
Входной ток ВЧ входа усилителя-формирователя (выв.5) и входа генератора образцовой частоты (выв.12), мкА, для сигнала Низкого уровня	Не менее -30
Высокого уровня	Не более +30

Таблица 2

Предельные допустимые значения

Параметр	Значение
Предельные значения напряжения питания, В	3...6
Наибольший электростатический потенциал, В, не менее	150
Рабочий интервал температуры окружающей среды, $^\circ C$	-60...+70
Предельные значения температуры окружающей среды, $^\circ C$	-70...+85

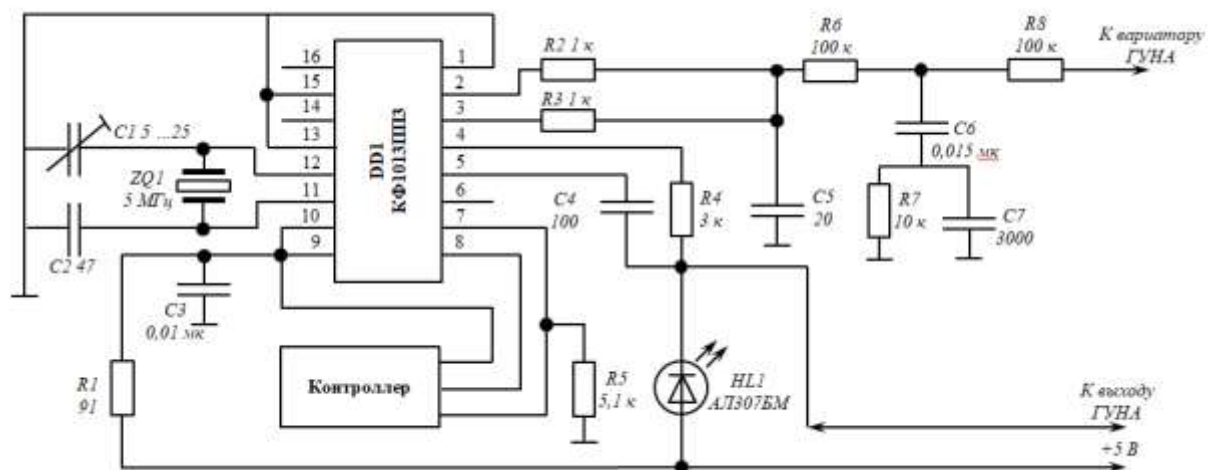


Рисунок 2 Схема включения синтезатора частоты.

На рис. 2 представлена одна из возможных схем включения прибора. При выборе кварцевого резонатора для генератора образцовой частоты надо учитывать, что резонатор должен работать на параллельном резонансе, частота которого больше частоты последовательного. Включением последовательно с резонатором катушки индуктивности 10

мкГн удастся приблизиться к частоте последовательного резонанса, номиналом которой обычно и маркируют кварцевый резонатор.

Подстройкой конденсатора C_1 добиваются устойчивой генерации, в чем можно убедиться, снимая сигнал с вывода 11 микросхемы. В нормаль-

ном режиме этот сигнал представляет собой синусоиду с двойной амплитудой $1 \dots 1.2 V$ с постоянной составляющей около половины $U_{пит}$. Если в качестве образцового использован внешний стабильный кварцевый генератор, его выходной сигнал напряжением $100 \dots 250 мВ$ подают на вывод 12 через разделительный конденсатор емкостью $1000 \dots 10000 пФ$.

Значительного снижения энергопотребления (при работе на частоте до $600 МГц$) можно достичь, понизив напряжение питания до $3.3 \dots 4 В$. При этом потребляемый ток уменьшается до $4 \dots 5 мА$ и к тому же улучшается чувствительность по ВЧ входу микросхемы.

Список литературы

1. Шахгильдян В.В. Радиопередающие устройства: учебник для вузов – М.: Радио и связь, 2003, 560 с., ил.

2. Белов Л.А. Синтезатор частот и сигналов: учебное пособие. – М.: Сайнс-пресс, 2002. – 80 с.

3. Белов Л.А. Формирование стабильных частот и сигналов: учебное пособие для вузов, – М.: Академия, 2005. – 224 с.

4. Ворона В.А. Радиопередающие устройства. Основы теории и расчета: учебное пособие, – М.: Горячая линия-Телеком, 2007. – 384 с.

5. Петров Б.Е., Романюк В.А., Радиопередающие устройства на полупроводниковых приборах. – М.: Высшая школа, 1989. – 232 с.

6. Павлов И.И., Романцева Е.Е., Павлова М.С., Гусельников И.А. Обзор радиопередающих устройств на интегральных схемах // Colloquium-journal польский международный журнал научных публикаций. – 2019. - № 21 (45) часть 1. - С. 20 – 22

К ПРОЕКТИРОВАНИЮ ОБЛЕГЧЕННЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ПОКРЫТИЙ

Захаренко А.А.

Студент

Котельникова Т.О.

Студент

Ращепкина С.А.

Кандидат технических наук, доцент

*Балаковский инженерно-технологический институт – филиал
Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», Россия*

TO DESIGN LIGHTWEIGHT METAL SPATIAL COATINGS

Zakharenko A.

Student

Kotelnikova T.

Student

Rashchepkina S.

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

*The Balakovo engineering and technological Institute – branch of the
National research nuclear University «MEPhI», Russia*

Аннотация

Приведен краткий обзор структурных покрытий, применяемых в гражданском и промышленном строительстве. На основе технико-экономического анализа различных конструктивных решений структурных систем принято оптимальное решение. Расчет велся с применением ПК ЛИРА.

Abstract

A brief overview of structural coatings used in civil and industrial construction is given. Based on the technical and economic analysis of various structural solutions of structural systems, the optimal solution was made. The calculation was performed using the LIRA software package.

Ключевые слова: структуры, металл, анализ, оптимальное решение.

Keywords: structures, metal, analysis, optimal solution.

1. Конструктивные типы структурных покрытий в гражданских и промышленных зданиях. Структурные покрытия имеют большую жесткость, существенно меньшую высоту, чем в фермах покрытия. Это позволяет заметно сократить строительный объем и расходы на обслуживание проектируемого здания. В России наиболее распространены системы пространственных структурных покрытий типа «Берлин», «Модуль», «Кисловодск», «ЦНИИПСК», «ЦНИИСК», «МАРХИ».

Остановимся на наиболее значимых объектах перекрываемых пространственными конструкциями.

Павильон «Триумф» построен в г. Москва вдоль Фрунзенской набережной и входит в состав выставочного комплекса "Росстройэкспо". Построен павильон в 1985 году [1]. Он имеет прямоугольную форму в плане с размерами $113 \times 33 м$ (рис.1, а). Здание состоит из двух полурам размером $33 \times 33 м$, которые плавно примыкают по контуру здания к вертикальной стене. Такое решение

разработано в «МАРХИ». Расход металла составляет $24,0 \text{ кг/м}^2$.

В городе Калуга построен большепролетный магазин «Мой», имеющий квадратное структурное покрытие с размерами в плане $36 \times 36 \text{ м}$ [1]. Пространственные конструкции покрытия приняты с решеткой, имеющей дополнительные диагональные стержни (система «МАРХИ»). При такой компоновке решетки расход стали заметно меньше, чем в предыдущем решении и составляет $11,3 \text{ кг/м}^2$ (рис.1, б).

В г. Кубинка структурная плита перекрывает здание павильона, который расположен в зоне парка «Патриот» [1] (рис.1, в). Площадь павильона имеет 5100 м^2 . Важный показатель – удельная масса структуры, которая составляет 22 кг/м^2 . Здание имеет высоту $17,4 \text{ м}$. К основному зданию павиль-

она примыкает второй блок (рис.1, г). Примечательно то, что конструкция покрыта специальной сетью с целью создания тени над расположенной экспозицией. Пространственная конструкция имеет в плане размеры $72 \times 141 \text{ м}$. Ее полезная площадь составляет более 8600 м^2 . Расход металла на структурное покрытие – $15,74 \text{ кг/м}^2$.

Необычная конструкция структуры применена в деловом центре, расположенном в Москве [1]. Пространственная конструкция имеет впарушенную форму, а само покрытие прозрачное с применением стекла (рис.1, е). Размеры покрытия небольшие – $14,5 \times 14,5 \text{ м}$. Расход стали – $21,6 \text{ кг/м}^2$. Необычно был произведен монтаж покрытия. Сначала структура была собрана на стенде, а затем краном установлена на колонны; причем все работы выполнялись в сложных условиях.



*а - павильон «Триумф»,
г. Москва*



*б - магазин «Мой»,
г. Калуга*



*в - блок 1
Выставочный павильон, г. Кубинка*



г - блок 2



*е - деловой центр,
г. Москва*

Рис. 1 Структурные покрытия в гражданских зданиях

Из-за крупной аварии на Саяно-Шушенской гидроэлектростанции были полностью разрушены пространственные конструкции. Восстановление разрушенных элементов здания машинного зала [3] было выполнено в 2009 году. Большие повреждения имели вертикальные стойки рамы, отдельные стержневые элементы стального каркаса здания.

На Бурейской гидроэлектростанции машинный зал представляет собой рамную конструкцию

системы «МАРХИ» с прямоугольным планом $150 \times 28,5 \text{ м}$ (рис.2, б) [4]. Все стержни структуры одинаковы и длиной 2 м . Ригель рамы и стойки выполнены двухъярусными с высотой сечения равной $2,82 \text{ м}$. Это крупнейшая электростанция, обслуживающая Дальний Восток. Удельный расход металла составляет $42,55 \text{ кг/м}^2$.



а - восстановление конструкций на Саяно-Шушенской ГЭС



*в - каркас склада,
г. Пермь*



*б - рамная конструкция системы
МАРХИ на Бурейской ГЭС*



Рис. 2. Структурные покрытия в промышленных зданиях

В городе Перми построено здание со структурной плитой системы «МАРХИ» [2]. Покрытие прямоугольное с размерами в плане 108,6x72,4 м. На рис.2, в представлен фрагмент структуры с размерами в плане 36x36 м. Монтаж покрытия велся автокраном с вылетом стрелы 24 м³.

Таким образом, пространственные структурные плиты «МАРХИ» нашли применение в зданиях как гражданского, так и промышленного назначения. Они имеют большой аспект формообразующих элементов и позволяют выполнять разнообразные объемно-компоновочные решения. Создавать

интересные композиции для множества сооружений [1].

Регулярные структуры, собираемые из отдельных трубчатых элементов, и многогранных узлов, где все стержни соединяются высокопрочными болтами, нашли широчайшее применение. Системы «МАРХИ» обладают важнейшими уникальным свойством – единой длиной модульного стержня для проектируемой пространственной конструкции.

Таблица 1

Технико-экономическое сравнение различных типов структур [5, 6]

Тип структурного покрытия	Расход стали, кг/м ²	Трудоемкость, чел.-ч/м ²
«Берлин»	20,54	1,56
«Кипсер»	30	2,8
«МАрХИ»	13,63	1,14
«Кисловодск»	18,75	1,42
«ЦНИИСК»	22,8	0,88

Конструкции металлических структурных плит имеют большое многообразие, оригинальные, красивые, ажурные. Так в практике проектирования по разновидности структур и их сопряжений насчитывается более 100 различных систем, отличающихся, прежде всего конструкцией узла соединения стержней пространственной решетки.

Проводя анализ представленной табл. 1 четко видно, что применение структур системы «МАРХИ» экономичнее по удельному расходу металла и трудоемкости, чем в других наиболее распространенных существующих системах. На ос-

нове проведенного анализа было показано широчайшее применение структурных покрытий, выявлено их уникальные особенности и необычную красоту сочетаемой с высокой надежностью.

2. Расчет структурной плиты и анализ влияния типа профилей на ее несущую способность. Рассмотрим варианты выполнения элементов структурной плиты из различных профилей: двутавра, спаренных уголков, спаренных швеллеров, круглой трубы, квадратной трубы (табл.1). Проведем анализ влияния типа профилей на несущую способность структуры при следующих исходных данных. Здание диаметром 60 м перекрываемое

плитой из тетраэдров; длина стержней 3 м, высота плиты 2 м; шаг колонн, расположенных по периметру здания, равен 6 м; опирание плиты с консольными свесами на колонны осуществлено через решетчатые капители (рис.3). Материал стержней

плиты – алюминиевый сплава; снеговой район – II; ветровой район – V. Расчет выполнен в программном комплексе ЛИРА-САПР [7], который основан на МКЭ (метод конечных элементов).

Таблица 2

Технико-экономическое сравнение разных типов сечений элементов [8]

№	Профиль	Поперечное сечение	Расход металла, т	Цена за 1 т, тыс. руб.	Цена, тыс. руб.
1	Двутавр №14 140x80		28,69	50,6	1451,714
2	Тавр из двух уголков 70x6		23,06	43,6	1005,416
3	Двутавр из двух швеллеров 80x40		25,44	41,3	1050,672
4	Круглая труба 102x5		21,58	55,2	1191,216
5	Квадратная труба 80x5		21,35	43,3	918,050

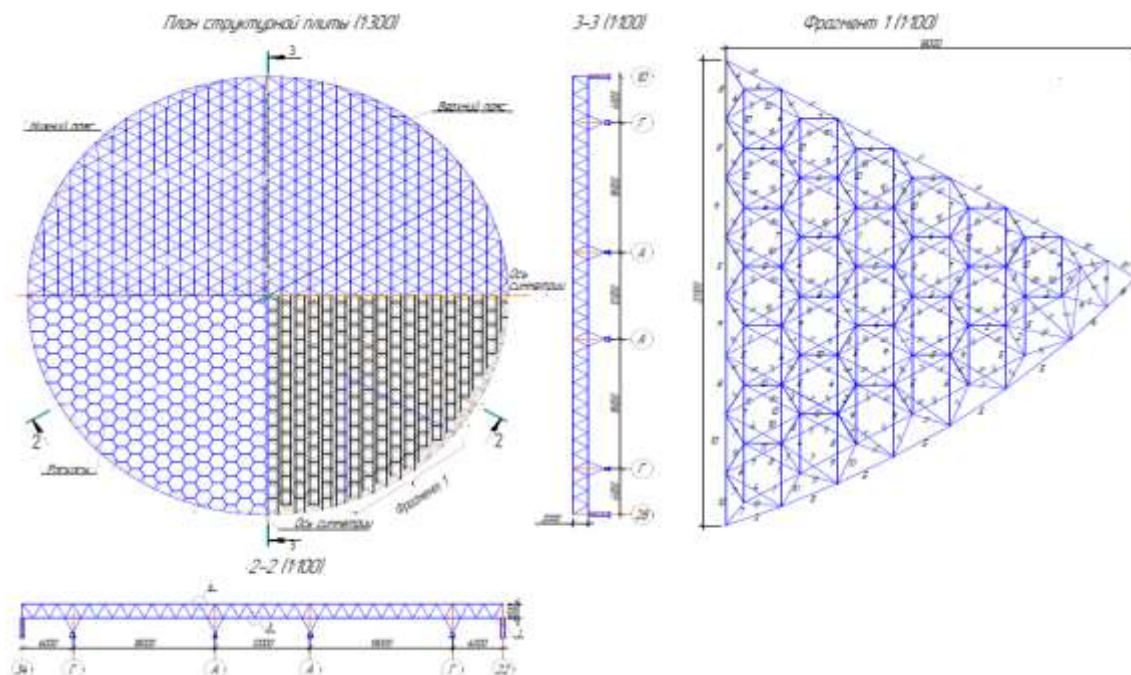


Рис.3. Структурное покрытие

Расчет велся в следующем порядке:

- 1) сбор нагрузок на покрытие (постоянных и временных);
- 2) создание пространственной расчетной схемы конструкции в программном комплексе с учетом следующих аспектов:
 - принятие степени свободы системы – 6 (X, Y, Z, UX, UY, UZ);
 - закрепление узлов системы – жесткое;

- принятие пространственной схемы конструкции трехмерной, построение с соблюдением всех фактических размеров;

3) задание жесткости для всех элементов конструкции;

4) задание нагрузки: 2 загрузения – постоянная нагрузка (собственный вес элементов конструкции и постоянная нагрузка от покрытия), временная нагрузка (снеговая);

5) выполнение генерации таблиц РСУ с соблюдением расчетных сочетаний усилий;

6) выполнение расчета, результаты которого приводятся в виде эпюр, мозаик, интерактивных таблиц и протокола расчёта;

7) подбор наиболее выгодного поперечного сечение элемента пространственной конструкции (рис.3).

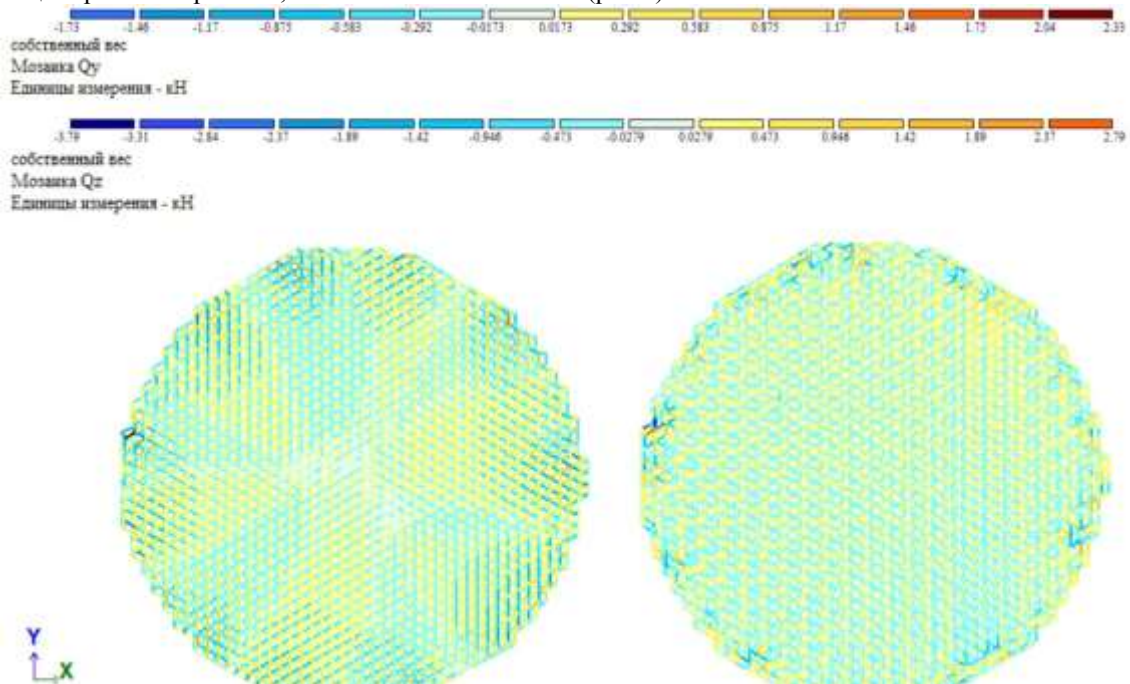


Рис.4 Мозаики Q_y и Q_z от собственного веса

Результаты расчета пространственной плиты покрытия в ПК «ЛИРА» показали, что наиболее приемлемым решением являются следующие поперечные сечения элементов структуры: стержни верхнего пояса – труба 140x10 мм; стержни нижнего пояса – труба 114x7 мм; раскосы – профиль

труба 108x10 мм; опорные раскосы – профиль труба 127x11 мм. На рис. 4-6 приведены мозаики Q_y , Q_z , M_x , M_z , N от собственного веса покрытия.

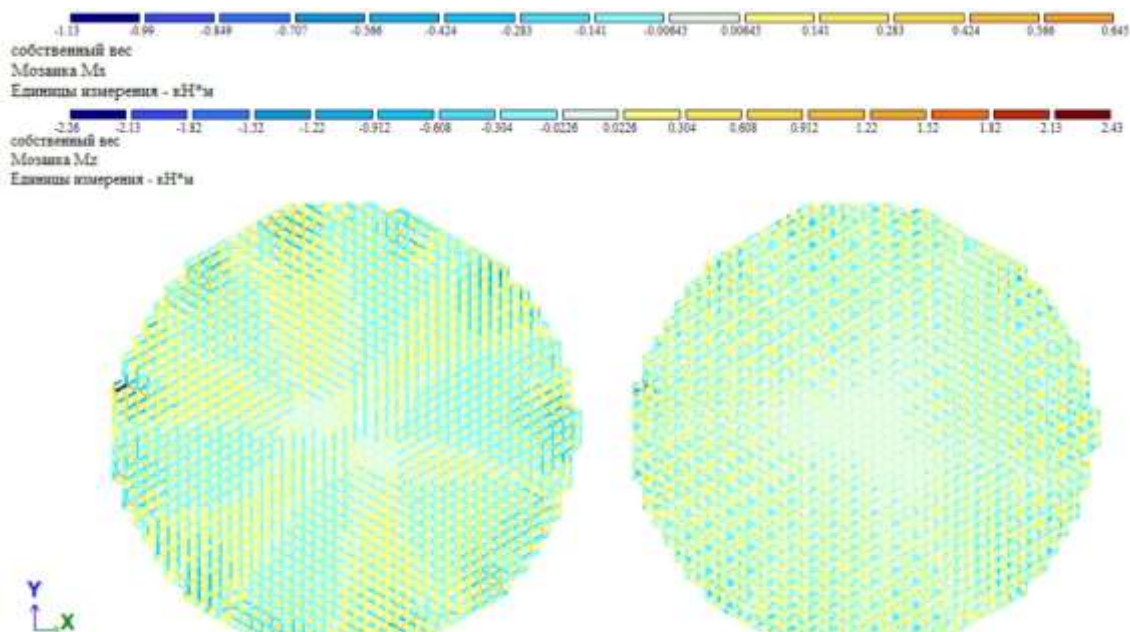


Рис.5 Мозаики M_x и M_z от собственного веса

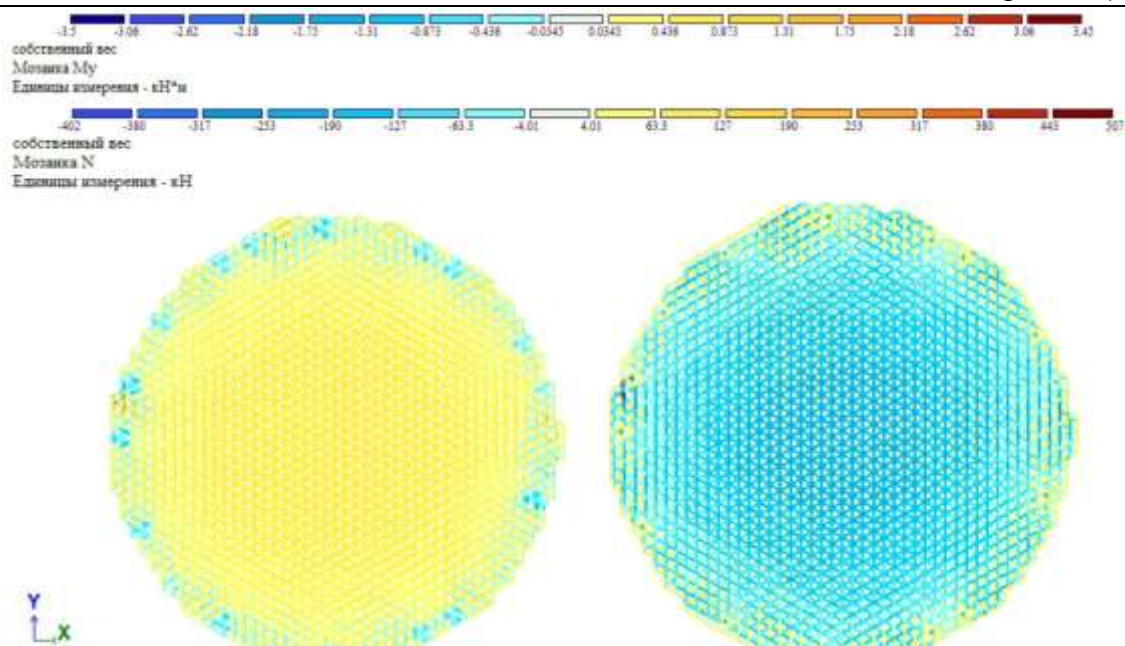


Рис.6 Мозаики Mx и N от собственного веса

3. Выводы. Исследования полученных результатов структурных конструкций позволили выявить следующее:

- на основе проведенного анализа различных облегченных структурных покрытий были установлены уникальные свойства пространственных металлических конструкций;

- показано эффективное конструктивное решение структурной плиты, имеющей высокую архитектурную выразительность и необычайную красоту;

- выполнен расчет структурного покрытия, показана его эффективность и высокая несущая способность;

- численный эксперимент показал эффективность применения металлических профилей из круглых труб для несущих элементов покрытия;

- необычная форма структурного покрытия привлекает красотой и оригинальностью.

Рассмотренное конструктивное решение может быть применено в качестве покрытий, как гражданских зданий, так и объектов промышленного назначения.

Список литературы

1. Информационный портал: [http://www.sistems-marhi.ru/works/](http://www.sistems-marhi.ru/works/exhibition_)

[centers.php? ELEMENT_ID=380](http://www.sistems-marhi.ru/works/exhibition_centers.php?ELEMENT_ID=380) (Дата обращения: 17.12.19).

2. Информационный портал: <http://www.doski.ru/metallokonstruksii-sistemy-marhi-msg1070846.htm> (Дата обращения: 17.12.19).

3. Информационный портал: https://www.chel.kp.ru/daily/26306/31845_40/ (Дата обращения: 17.12.19).

4. Информационный портал: <https://engineering-ru.livejournal.com/299494.html> (Дата обращения: 17.12.19)

5. Рекомендации по проектированию структурных конструкций. ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко. – М.: Стройиздат, 1984. – 298 с.

6. Проектирование металлических конструкций / В. В. Биркелев и др. – Л.: Стройиздат, 1990. – 432 с.

7. Городецкий Д.А. Программный комплекс ® ЛИРА-САПР 2013 // Д.А. Городецкий, М.С. Барабаш, Р.Ю. Водопьянов, В.П. Титок, А.Е. Артамонова / К.–М.: / URL: <http://www.tnu.in.ua/study/refs/d188/file1427301.html> / (Дата обращения 29.10.2019).

8. Компания «Стройсталь». – URL: <https://www.stroymetall.ru/metal-roll/> (Дата обращения: 20.11.2019).

МЕТОДИКА ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ДАТЧИКОВ ДАВЛЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОМЕХ НА ВСЕХ ЭТАПАХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА**Сарылов О.В.***Начальник лаборатории электромагнитной совместимости ИЦ ЭМС***QUALITY OPERATION METHODOLOGY FOR PRESSURE SENSORS UNDER CONDITIONS OF ELECTROMAGNETIC INTERFERENCE AT ALL STAGES OF THE LIFE CYCLE****Sarylov O.***Head of the Laboratory of Electromagnetic Compatibility TC EMC***Аннотация**

Рассматривается методика повышения помехоустойчивости датчиков давления на всех этапах жизненного цикла от разработки до эксплуатации

Abstract

The technique of increasing the noise immunity of pressure sensors at all stages of the life cycle from development to operation

Ключевые слова: Датчик давления, испытания, помехоустойчивость, электромагнитная совместимость.

Keywords: Pressure sensor, tests, noise immunity, electromagnetic compatibility.

Приоритетным направлением развития энергетической отрасли, как и любой другой, является совершенствование помехоустойчивости, называемой также электромагнитной совместимостью – ЭМС), систем контроля и управления (СКУ) энергоблоков, в т.ч. датчиков давления как первичного элемента системы, для увеличения их конкурентоспособности на внешних рынках.

Ключевым недостатком сегодняшней системы подтверждения соответствия является регламентирование только проведения приемо-сдаточных или сертификационных испытаний СКУ на этапе уже готового серийного изделия. Такая методология не учитывает, возможность срывов сроков поставки из-за непрохождения испытаний, существенное удорожание при доработке уже готового серийного изделия, электромагнитная обстановка объекта эксплуатации может отличаться от типичной, учитываемой при конструировании.

На стадии разработки вопросы обеспечения помехоустойчивости не получили широкого распространения в практической конструкторской деятельности. Поэтому разработка системного подхода и основ методики сквозного управления качеством электронной аппаратуры на всех этапах жизненного цикла (от разработки до эксплуатации) с учетом условий электромагнитной среды эксплуатации представляется актуальной проблемой, обременяющей научной новизной.

Основными задачами при исследовании является анализ:

- методов управления качеством по параметру электромагнитной совместимости, в т.ч. современной нормативной базы и публикаций;

- воздействия среды эксплуатации - электромагнитной обстановки (далее по тексту – ЭМО) на качество функционирования электронной аппаратуры. Разработка программы измерений электромагнитной обстановки;

- статистики сбоев для выявления типичных видов помех, являющихся причиной сбоев на этапе

эксплуатации. Формализация методологии расследования сбоев;

- результатов мониторингов электромагнитной обстановки для выявления зонирования и категорирования помещений, и выявления типичных параметров помех;

- разработка методики управления качеством по параметру электромагнитной совместимости жизненного цикла с учетом условий среды эксплуатации;

- проведение экспериментальных исследований по предложенной методике. Анализ их результатов и эффективности методами качества для выявления уязвимых мест;

Отличительными особенностями предложенной методики, созданной в результате систематизации уже существующих результатов испытаний и измерений, анализа статистики отказов, классификации электронной аппаратуры в зависимости от ее важности и допустимых критериев сбоев, являются:

- проведение испытания на ранних этапах жизненного цикла для отдельных узлов и модулей;

- объем ранних испытаний определяется характерными для условий эксплуатации разрабатываемой аппаратуры, электромагнитными воздействиями;

- проведено зонирование помещений на объекте эксплуатации в зависимости от измеренных характерных признаков с одинаковыми параметрами среды (амплитуды, длительности, повторяемости помех);

- подготовлена нормативная документация системы управления качеством – программа обеспечения качества на всех этапах жизненного цикла, комплект программ – методик испытаний на помехоустойчивость и измерений электромагнитной обстановки, определены требования к их составу и содержанию;

- разработан проект руководящего документа «Требования к обеспечению электромагнитной

совместимости систем контроля и управления» и проводится актуализация продуктового стандарта ГОСТ 32137-2013 для оборудования, поставляемого на энергообъекты.

Одной из подсистем менеджмента качества является подсистема СМК по требованиям электромагнитной совместимости (ЭМС), как способствующая обеспечению электромагнитной безопасности эксплуатации. Ее документы содержат требования по обеспечению ЭМС на различных этапах жизненного цикла: выбор площадки строительства, ввод в эксплуатацию, модернизация и др., которые распространяются в т.ч. на датчики давления. Предлагается систематизировать нормативные документы и требований и разработать программу обеспечения качества (ПОК ЭМС) в жизненном

цикле датчиков давления при воздействии электромагнитных помех, характерных для энергообъектов.

Проанализированы виды электромагнитных помех и представлены пути их проникновения, проведена соответствующая классификация как естественных, так и техногенных по природе возникновения.

Проанализировав конструкцию датчиков видно, что поскольку электроника датчика заключена в сплошной металлический корпус, то воздействие магнитных полей практически не существенно. Высокочастотные помехи, наводимые на кабели, проникают через порты связи и/или электропитания свободно и нуждаются в фильтрации. Анализ отображаем при помощи «Диаграммы Исикавы».

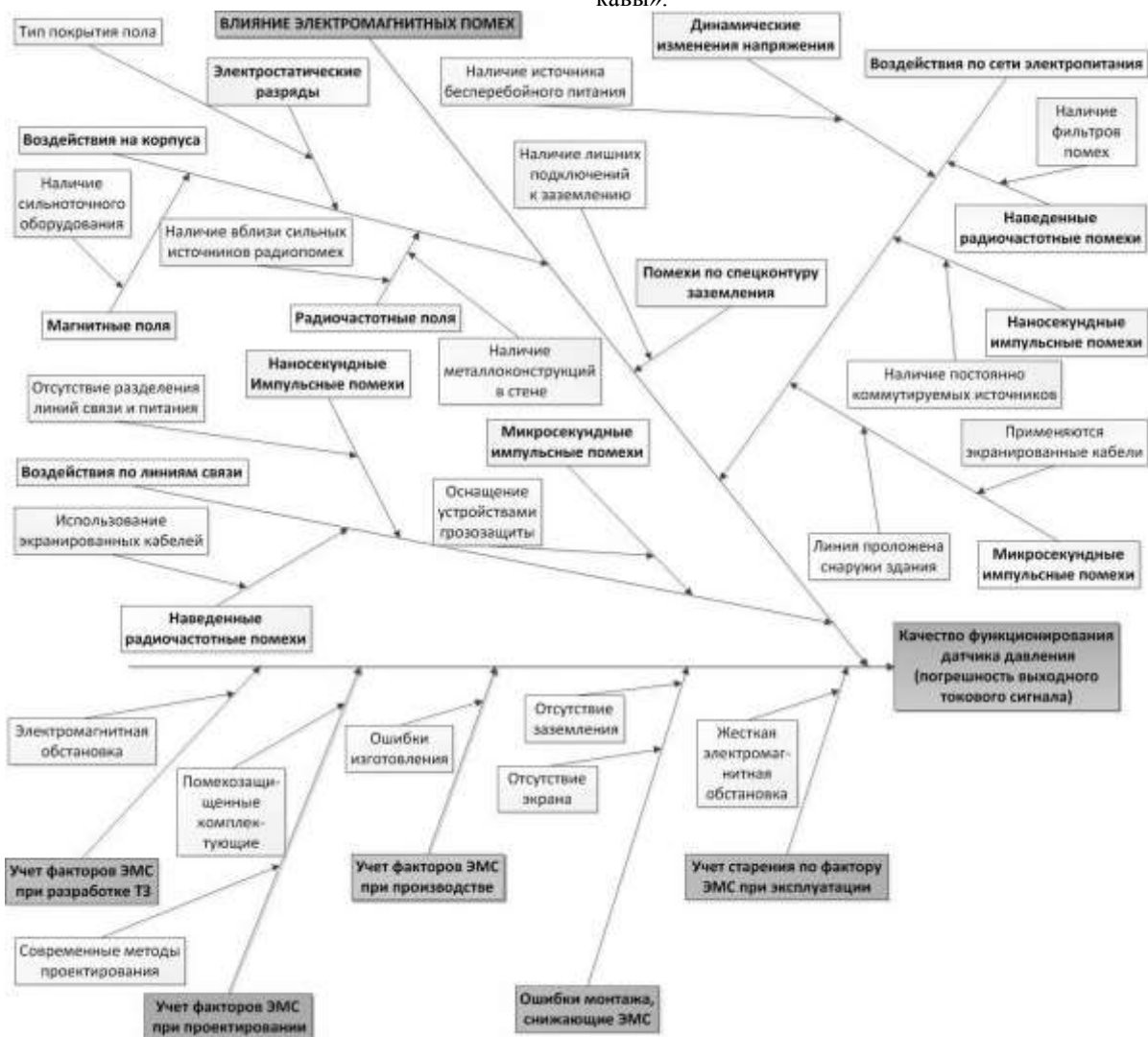


Рис. 1 Модель качества функционирования датчика давления в жизненном цикле при воздействии электромагнитных помех

Статистика сбоев эксплуатирующей организации при помощи графика Парето позволяет выявить наиболее существенные 20% виды воздействий, служащих причиной 80% сбоев СКУ.

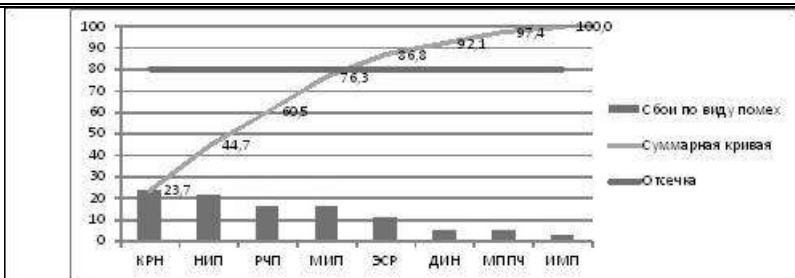


Рис. 2 Диаграмма «Парето» по видам помех, вызывающим сбои на АЭС

Рис. 2 Диаграмма «Парето» по видам помех, вызывающим сбои датчиков

Мониторинг ЭМО по месту штатной эксплуатации – действенный и мощный инструмент для выявления реальных параметров и видов помех, возможность превышения норм ГОСТ Р и МЭК, также это сложный измерительный процесс, выполняемый на объекте эксплуатации, в котором задействованы: оборудование, люди, нормативная база, окружающая среда.

Проведя мониторинг ЭМО мы получаем информацию о зоне расположения на объекте эксплуатации, в которой параметры и виды помех приблизительно идентичны:

- зона размещения сильноточного оборудования, где преобладают магнитные поля промышленной частоты, наносекундные импульсные помехи.
- зона размещения микропроцессорного оборудования (общие щиты управления, местные щиты управления), где преобладают радиочастотные поля, кондуктивные помехи, наносекундные импульсные помехи.
- зона размещения кабельных связей (кабельные полуэтажи), где преобладают кондуктивные помехи, наведенные радиочастотными полями, импульсные магнитные поля, наносекундные импульсные помехи.

С учетом зоны размещения аппаратура может быть сконструирована по-разному с преимущественной защитой от тех помех, которые преобладают. Это позволяет получить экономическую выгоду при производстве, не создавая максимальную защиту «от всего».

В процессе экспериментальной апробации разработан перечень программ-методик испытаний и измерений на всех этапах жизненного цикла, которые создают обратные связи при выявлении несоответствий при приемо-сдаточных, полигонных, регламентных испытаниях, которые возвращают изделия на доработку с учетом измеренной ЭМО.

Проведены мониторинги электромагнитной обстановки более чем на 20 энергоблоках по разработанным программ-методикам. Зафиксированы закономерности электромагнитной обстановки:

- Частоты 30-40, 60-65, 90-110, 160-180, 310-380, 800-960, 1200, 1800 МГц характерные для ТВ и радиостанций, сотовых сетей, радиопередатчиков присутствуют практически во всех помещениях;
- Напряженность магнитных полей достигает сотен А/м вблизи сильноточного оборудования.

Произведен статистический анализ испытаний для более 100 датчиков производства различных изготовителей России и зарубежья, что составило более 1500 циклов воздействия различных помех.

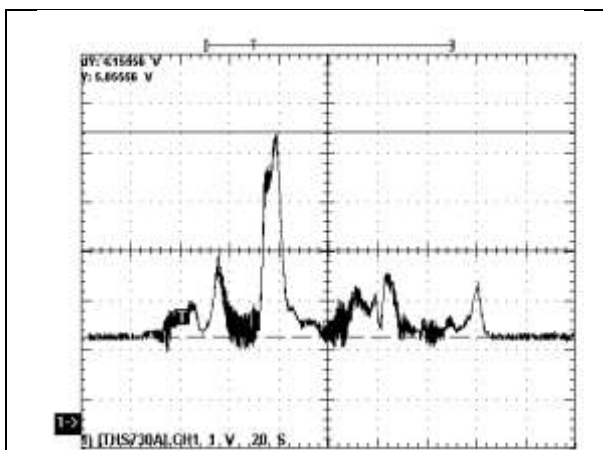


Рис. 3 Реакция датчика на радиочастотное напряжение

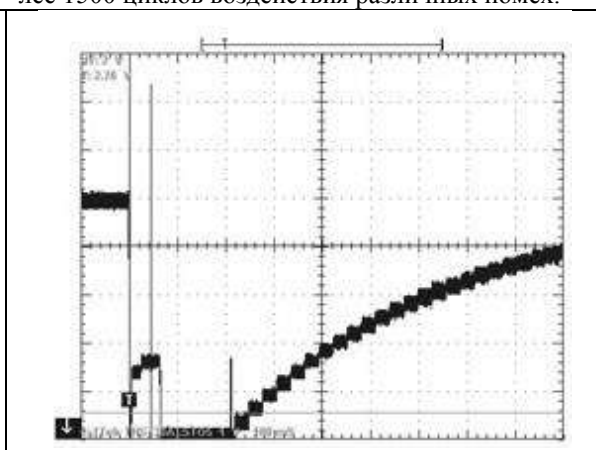


Рис. 4 Реакция датчика на электростатику +15кВ.

Анализ показывает, что одни виды помех-НИП, МИП, КРН являются наиболее частыми причинами сбоев и повторяются в обеих диаграммах,

но в разном процентном содержании, а другие-РЧП, КЗП встречаются в одном месте и не повторяются.

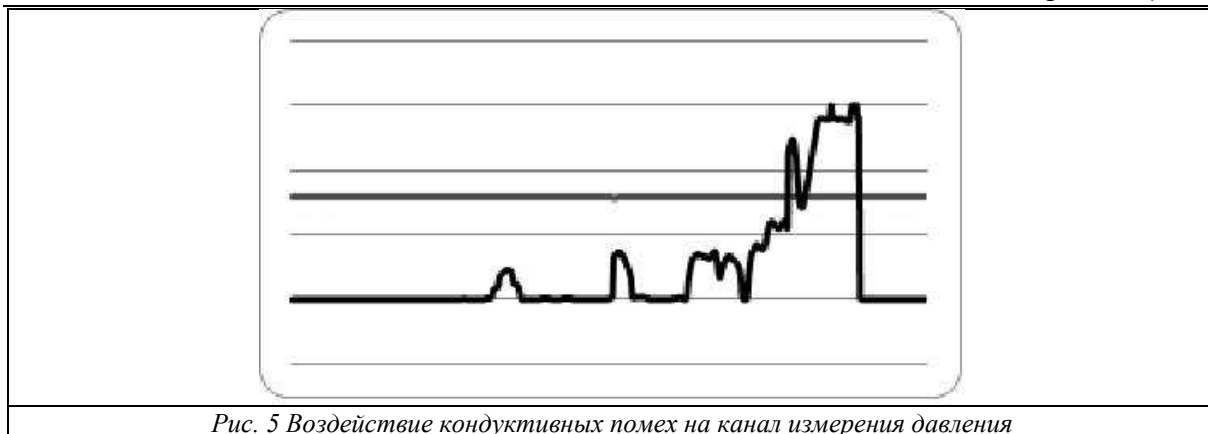


Рис. 5 Воздействие кондуктивных помех на канал измерения давления

Наглядно видна реакция датчика прошедшего испытания в реальном канале измерения датчика давления (ровная линия) и не прошедшего их (кривая линия).

Основные результаты и выводы

1. Проведенный анализ методов управления качеством, в т.ч. нормативной базы и публикаций последних лет, показал их недостаточную эффективность применительно к обеспечению качества создания электронной аппаратуры, эксплуатируемой на технически сложных объектах в условиях воздействия электромагнитных помех. Анализ проводился на примере датчиков давления, которые являются первичным измерительным элементом подсистемы измерения давления, эксплуатируемой на энергоблоке. Датчики давления, применяемые на летательных аппаратах, судах, подводных лодках, нефтеперерабатывающих пунктах, являются аналогичными или разрабатываемыми по аналогичным принципам.

2. Дана классификация воздействия электромагнитных помех на качество функционирования электронной аппаратуры, на примере датчиков давления, методом «Диаграммы Исикавы». Разработана методика обследования электромагнитной обстановки на технически сложном объекте, определяющая порядок взаимодействия участников обследования, последовательность проведения измерений, используемое оборудование, измеряемые величины, допустимые погрешности измерений. Выбран состав оборудования быстро развёртываемого мобильного измерительного комплекса.

3. Проведен анализ сбоев на этапе эксплуатации технически сложного объекта на примере статистики Эксплуатирующей Организации по системам, важным для безопасности и устройствам релейной защиты и автоматики. Анализ показал, что традиционная методология обеспечения помехоустойчивости при проведении приемо-сдаточных испытаний конструктивно завершённых (серийных) изделий является недостаточно эффективной, т.к. наблюдаются задержки сроков поставки для доработки изделий, а также сбой на этапе их последующей эксплуатации. Методом «Диаграмм Парето» выявлены наиболее существенные виды электромагнитных помех, приводящих к сбоям, которые будут включены в программы-методики для испытаний на ранних этапах жизненного цикла.

4. Проведен анализ результатов мониторингов электромагнитной обстановки (более 20 крупных объектов). Зафиксированы закономерности присущей им электромагнитной обстановки, выделены ее зоны с идентичными параметрами (амплитуды, частоты, виды помех). Информация о зонах электромагнитной обстановки и ее параметрах учтена при разработке нормативной документации.

5. Разработан метод управления качеством по параметру электромагнитной совместимости, заключающийся в проведении испытаний на этапе разработки электронной аппаратуры. Разработан комплект нормативных документов подсистемы менеджмента качества по ЭМС в поддержку разработанного метода.

6. Проведены практические испытания на электромагнитную совместимость датчиков давления. Проанализированы их результаты при помощи методов качества: гистограмм и «Диаграмм Парето», установлены наиболее уязвимые электронные узлы и модули, доработана их конструкция на этапе конструирования, проанализированы результаты повторных испытаний.

7. Проанализирована эффективность предложенного метода с точки зрения затрат на его реализацию и затрат вследствие большого количества сбоев при эксплуатации (PAF-модель). Результатами является также:

- Допустимая погрешность датчиков давления уменьшилась с 0,5-0,75% до 0,05-0,1% (у лучших моделей);

- Допустимая погрешность у современных датчиков давления учитывает все внешние воздействующие факторы (температура, давление, радиация, ЭМС), тогда как раньше допускались отдельные отклонения функционирования на время действия электромагнитных помех;

- На модернизированных датчиках давления допустимо применение неэкранированных кабелей связи вместо обязательного применения экранированных, как ранее;

- В качестве учета дополнительных факторов начаты работы по одновременному воздействию радиационного старения и электромагнитных помех на датчики давления;

8. Обнаруженные недостатки управления качеством по параметру электромагнитной совмести-

сти послужили поводом для актуализации стандарта ГОСТ 32137-2013 для оборудования, поставляемого на энергоблоки, и руководящего документа «Требования к обеспечению электромагнитной совместимости систем контроля и управления».

Список литературы

1. ГОСТ 32137-2013. Совместимость технических средств электромагнитная. Технические средства для атомных станций. Требования и методы испытаний.

WASTEWATER TREATMENT FROM NITROGEN COMPOUNDS

Semenova O.

Ph.D of Technical Science

*Associate Professor of the department of environmental and occupational safety,
National University of Food Technology*

Bublienko N.

Ph.D of Technical Science

*Associate Professor of the department of environmental and occupational safety,
National University of Food Technology*

Suleyko T.

Assistant,

National University of Food Technology

Reshetniak L.

Ph.D of Technical Science, Associate Professor of the department of biotechnology

National Aviation University

Abstract

Increasing the concentration of nitrogen compounds in wastewater has led to a deterioration of surface water quality, which is the main source of economic drinking water supply for the vast majority of Ukrainians. The Government of reservoirs in the territory of Ukraine recorded an excess of norms for ammonia nitrogen - 2-15 times, nitrates - 7-20 times. The consequences of contamination with nitrogen compounds are eutrophication, which is caused by hypertrophied development of algae ("flowering"); reducing oxygen content.

Keywords: immobilized organisms, anaerobic-aerobic purification technology, sewage, biological treatment, bioreactor.

Ammonia, ammonium compounds, nitrites, and especially nitrates, create adverse conditions for the vital activity of reservoir biocenoses. Groundwater contains excessive concentrations of nitrates (100-500 mg/dm³), and the constant use of such water has a negative impact on human health. Compared to the last decade, the content of nitrogen compounds in wastewater receiving treatment has increased by at least 5-7 times. However, the vast majority of existing biological wastewater treatment plants cannot provide the required quality of purified water for nitrogen compounds today [2].

Modern foreign technologies for biological treatment of wastewater from nitrogen compounds, such as Ludzak-Ettinger, Bardenpho, Biodenitro, Carrousel, JHB, UCT, MUCT, A2/O, are characterized by significant energy and material consumption, waste volumes, so the development of new technology that will ensure high efficiency of wastewater treatment from nitrogen compounds in accordance with current standards with minimal cost of both economic and material resources [1, 3].

The purpose of the study was to screen and develop wastewater treatment technology using immobilized microorganisms with high efficiency of removal of nitrogen compounds while maintaining operating standards, with minimal energy consumption and low waste.

To achieve this goal, it is necessary to solve the following problems:

- to identify the features and systematize the existing methodological technologies of wastewater treatment from nitrogen and nitrate compounds in direct-flow bioreactors with immobilized microorganisms;

- to investigate the effect of hydraulic loading and initial concentration of ammonia nitrogen on the rate of oxidation of ammonia nitrogen, the load on the bioreactor and its basic capacity on ammonia nitrogen;

- to study the effect of aeration system placement in bioreactors with immobilized microorganisms on the oxidizing power and efficiency of ammonia nitrogen wastewater treatment;

- to study the composition of biocenosis immobilized on the fibrous carrier of the biofilm by optical microscopy;

- to investigate in the production conditions of biological film hydrobionts during the periodic operation of structures and changes in ambient air temperature;

- to develop a mathematical model of aerobic wastewater from ammonium using immobilized microorganisms and hold it tested in the laboratory;

- to develop anaerobic-aerobic technology for purification of wastewater from nitrogen compounds using immobilized microorganisms.

The object of study is sewage containing nitrogen compounds.

The subject of the study is the processes of anaerobic purification of wastewater from nitrogen compounds using immobilized organisms.

The experiments used photocolorimetry, potentiometry, gravimetry, pH-metry, optical microscopy. Process modeling and statistical results processing were performed using personal computer software (Mathcad, Excel).

As a result of research:

1. The regularities of the processes of sewage treatment from nitrogen compounds in bioreactors using immobilized organisms with high oxidizing power (80-110 g/(m³·d)) were established and the technology of sewage treatment with the efficiency of ammonia nitrogen removal was developed 98,2-99,4%.

2. First installed that the use of perpendicular motion of air jets in the bioreactors relative to the direction of movement of wastewater and lengthwise relative to the carrier of immobilized microorganisms allows to increase the rate of oxidation of ammonium nitrogen at the initial aerobic stage by 40% compared with the lengthwise placement.

3. It has been established that the process of sewage treatment in bioreactors with immobilized organisms can be carried out in the conditions of periodic operation of treatment plants and at low temperatures of ambient air (up to -32°C) with self-healing of biomass of hydrobionts while providing the necessary technological modes of operation of facilities.

The anaerobic-aerobic technology of sewage treatment from nitrogen compounds has been developed, which is realized stepwise in buildings immobilized on the carrier organisms. The rational technological modes of sewage treatment from nitrogen compounds, technological parameters of bioreactors with immobilized microorganisms for realization of technology at sewage treatment plants are offered. The use of bioreactors with the proposed perpendicular placement of the aeration system with respect to the direction of wastewater movement allows to increase the oxidation capacity of the bioreactor.

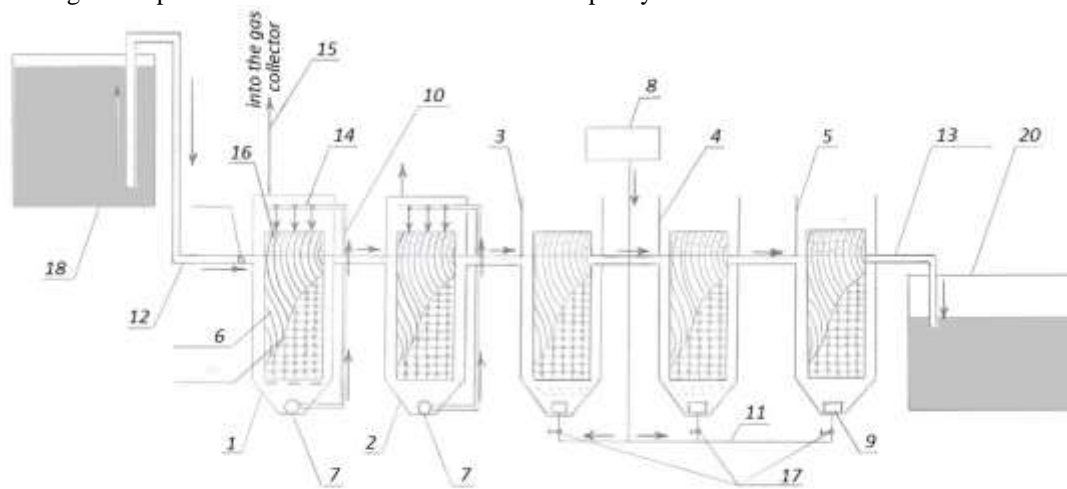


Figure 1 Scheme of laboratory installation

1, 2 - anaerobic bioreactors; 3, 4, 5 - aerobic bioreactors; 6 - mineral carrier; 7 - circulation pump; 8 - compressor; 9 - small bubble aerator spray; 10 - recirculation pipeline; 11 - air duct; 12 - waste water supply pipeline; 13 - a pipeline for drainage of purified water; 14 - perforated tube; 15 - gas pipe to the gas tank; 16 - the valve; 17 - valve for regulating air supply; 18 - consumption tank; 19 - support frame; 20 - collection of purified water.

The studies were performed on an artificially created model solution that is imitating the wastewater of a malt plant and an index of COD - 600-1500 mg O₂/dm³, concentrations of organic nitrogen - 8-20 mg/dm³, ammonium nitrogen - 6-14 mg/dm³.

Known for immobilization of facets of biofilms is a mineral carrier. This carrier consists of separate elements in the form of cloths made of synthetic textured fibers and fixed.

Each panel is made of polyamide fibers, top and bottom areas is woven in the form of loops, each panel secured with wire installed in the loop. The cloth has a length of 1-3m, a width of 2-5m, a loop diameter of 0,15 – 0,20m.

The use of polyamide fiber allows you to attach more organisms to it by increasing the adhesive capacity of polyamide fibers.

The effect of placement of the aeration system on the oxidation capacity of the bioreactor, the rate of oxidation of ammonium nitrogen and the efficiency of purification from ammonium nitrogen were investigated at the experimental plant № 2 (Figure 2), which consisted of three aerobic sections. The flow diagram of wastewater is direct-flow. The aerators are placed perpendicular to the movement of the wastewater and parallel to the media cassettes.

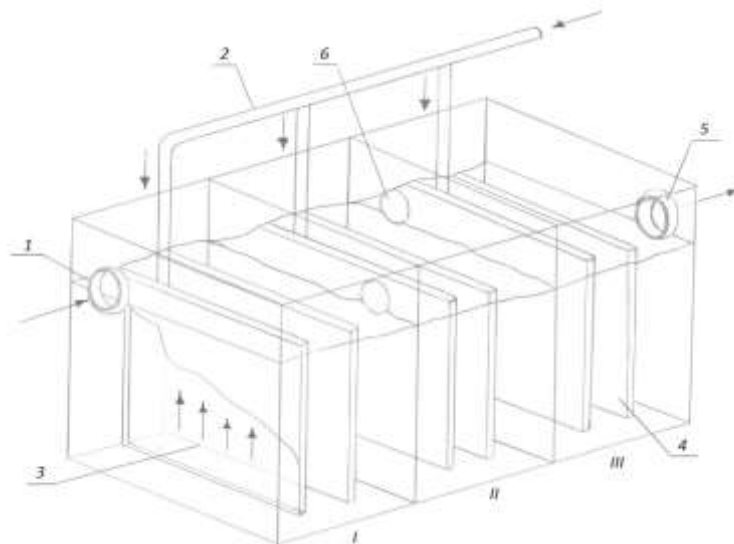


Figure 2 Scheme of laboratory installation № 2

1- supply of waste water; 2- air duct with air flow control valves from compressor; 3- perforated air duct; 4- cartridges with mineral carriers; 5- diversion of purified water into the drainage tank; 6- openings for water flow through sections; I, II, III - respectively 1, 2, 3 aerobic sections.

The next section presents the results of studies of the processes of conversion of ammonia nitrogen, ni-

trites, nitrates by anaerobic-aerobic technology and determined rational technological parameters. It has been found that when treating wastewater containing nitrogen compounds using anaerobic-aerobic technology after the anaerobic stage, the concentration of ammonium nitrogen entering the aerobic bioreactors increases 2-3 times (Figure 3).

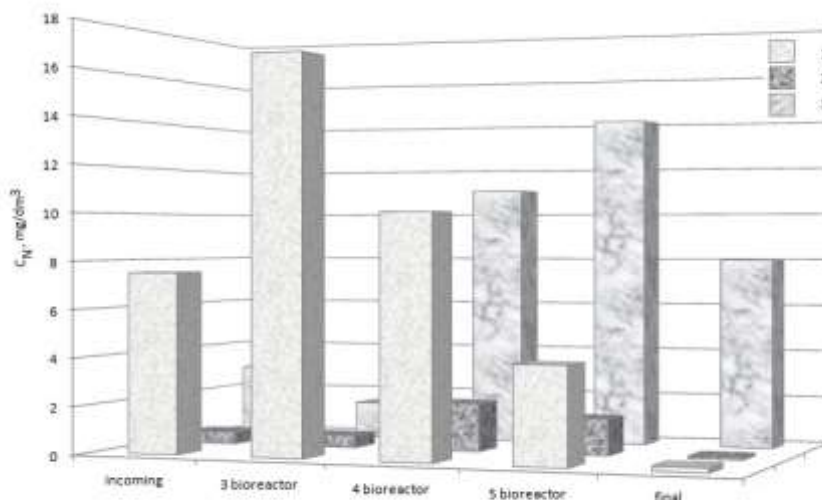


Figure 3 Change of concentrations of nitrogen compounds in the process of sewage treatment under hydraulic load $4.3 \text{ m}^3/(\text{m}^3 \cdot \text{day})$: 1 - NH_4^+ ; 2 - NO_2^- ; 3 - NO_3^-

It is established that when using anaerobic-aerobic technology the total effect of purification on ammonium nitrogen is 96,3-98,5%, and the concentration of nitrate and nitrite in treated water comply with discharge into natural reservoirs of fishery purposes. According to the results of studies, the concentrations of nitrogen compounds were: ammonium – 0,5-1,5 mg/dm³, nitrites – 0,01-0,04 mg/dm³ and nitrates - 8-12 mg/dm³. As the hydraulic load decreases, the duration of cleaning and therefore the volume of the structure increases. The choice of a rational hydraulic load is

based on the combination of a minimum cleaning duration with the maximum ammonium nitrogen removal effect. It is established that the efficiency of sewage treatment by ammonium nitrogen reaches 98,2-98,5% (Figure 4) and is provided by the following values of technological parameters: hydraulic load - 5,5-5,8 m³/(m³·day); total cleaning time - 20-22 h; duration at each stage - 4-4,4 hours; load on ammonia nitrogen - 8-20 mg/(g·day); ammonia nitrogen oxidation rate - 4-12 mg/(g·day); oxidation capacity up to 80 g/(m³·day).

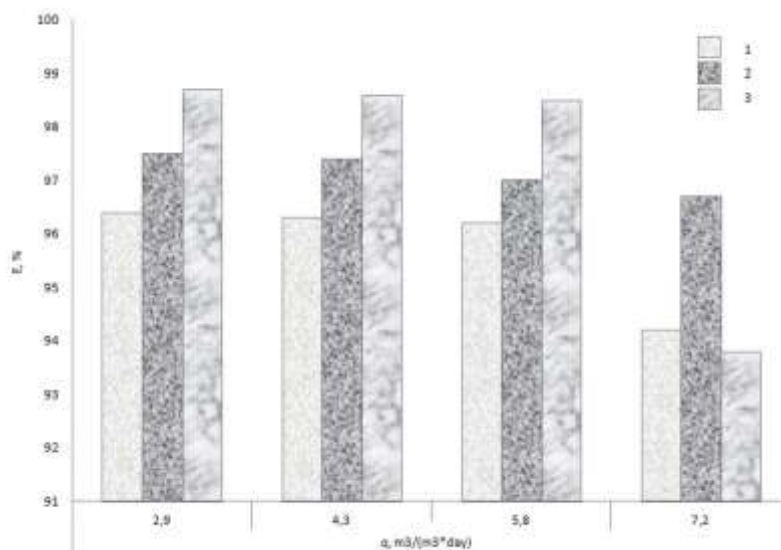


Figure 4

Dependence of removal efficiency of ammonia nitrogen E on hydraulic load q at concentrations of ammonia nitrogen at the beginning of aerobic stage $C_{incoming}NH_4^+$ start: 1 – 11 mg/dm³; 2 - 22 mg/dm³; 3 - 32 mg/dm³.

The concentration of ammonium nitrogen in aerobic conditions depends on the duration of purification in bioreactors. The major amount of ammonia nitrogen is removed in the first stages of the aerobic process (3,4 bioreactors). The decrease in the value of the oxidizing power in the fifth bioreactor, as well as the oxidation rate, is explained by the low concentration of ammonia nitrogen (5-10% of the maximum C_{NH_4}). Oxidizing power at high load on ammonia nitrogen (24-26 mg/(g·day)) is 100-110 g/(m³·day), which exceeds the values of oxidizing power on ammonia nitrogen in aerotanks of 20-5 g/(m³·day).

During the period of biomass growth, which lasted for about 30 days, studies of its species composition were performed using a ULAB XSP137BP binocular microscope. The technology is implemented sequentially in bioreactors with different oxygen conditions: anaerobic and aerobic, according to a direct flow scheme of water movement. At each stage of sewage treatment a specific biocenosis of microorganisms is formed, which is able to perform its functions in these conditions. Mineral carriers have been installed in all

sections of the multi-stage scheme to attach and retain biocenosis. In anaerobic bioreactors there are carriers in wastewater and in the gas phase, which allows to increase the contact area of microorganisms with wastewater when using the irrigation system. The use of the anaerobic process in the first stages (1, 2 of the bioreactor) makes it possible to remove the majority of organic contaminants and reduce air flow compared to the initial aerobic stage. The next stage was carried out in bioreactors with aerobic conditions (3, 4, 5 bioreactors). After the passage of wastewater through anaerobic bioreactors, the concentration of organic matter is significantly reduced, which causes the flow of the first stage of nitrification. It should be noted that the presence of organic matter in the environment slows down the development of bacteria-nitrifiers, so nitrification of ammonium nitrogen begins only after almost complete oxidation of organic compounds.

The technological parameters of the aerobic fermentation technology of sewage treatment of the malt plant from nitrogen compounds using immobilized microorganisms are shown in table 1.

Table 1

The technological parameters of aerobic fermentation

Parameters	Units	Value
Load on ammonium nitrogen	mg/(g·day)	8-20
The rate of oxidation of ammonium nitrogen	mg/(g·day)	4-12
Oxidizing power by ammonium nitrogen	g/(m ³ ·day)	80-110
Efficiency of removal of ammonium nitrogen	%	98,2-99,6
Hydraulic load	m ³ /(m ³ ·day)	5,5-5,8

Dissolved oxygen in reactions biochemical oxidation of ammonium nitrogen is electron withdrawing them when moving and producing energy spent on the biosynthesis of cell material and support microorganisms (the concentration of oxygen in aerobic bioreactors 1,5-2 mg/dm³). In the interior of the carrier where there is no access of oxygen, but there is organic matter, conditions are created for the flow of denitrification. At

low concentrations or the absence of organic matter under anoxic conditions, the process of anaerobic oxidation of ammonium nitrogen occurs under the conditions of high concentrations of ammonium, nitrite and low concentrations of organic carbon. As a result of the research, the concentrations of ammonium nitrogen, nitrates and nitrites were determined depending on the initial chemical composition and the flow of wastewater

entering the production plant. Ammonium nitrogen comes in concentrations of 5-15 mg/dm³, but after anaerobic processes in the first two bioreactors its concentration increases 2-4 times due to the destruction of nitrogen-containing boundary compounds. At the inlet of the aerobic bioreactor there is a decrease in the concentration of organic matter and an increase in the concentration of inorganic, including ammonium compounds. In the aerobic bioreactors due to the active nitrification process is the oxidation of ammonium nitrogen to nitrites and nitrates, in addition, at the depth of the fibers is anaerobic oxidation of ammonium with the formation of molecular nitrogen, at the outlet in purified water is observed to reduce the concentration.

The article decided to scientific and technical objectives - a study of patterns of processes wastewater from nitrogen compounds using immobilized microorganisms and development in this technology-based anaerobic-aerobic purification with high efficiency removal of nitrogen while respecting existing regulations with minimal power consumption and a small amount in volume of waste.

As a result of researches it is established that when using the developed technology the efficiency of sewage treatment by ammonium nitrogen is 98,2-98,5% and is provided by the following values of technological parameters: hydraulic load of 5,5-5,8 m³/(m³·day); total cleaning time - 20-22 h; duration at each stage - 2-4,4 h; load on ammonium nitrogen in aerobic bioreactors - 8-20 mg/(g·day); the rate of oxidation by ammo-

nium nitrogen is 4-12 mg/(g·day), at initial concentrations of ammonium nitrogen at aerobic stages 11-32 mg/dm³.

It is established that the use in the bioreactors with immobilized microorganisms perpendicular to the movement of air jets relative to the direction of movement of wastewater affects the efficiency of the purification process. Provides an increase of the oxidation power by 30-40% at the initial stage of the aerobic process and the removal efficiency of ammonium nitrogen 98,4-99,6% at C_{incoming}NH₄ to 30 mg/dm³, hydraulic load of 5,5-5,8 m³/(m³·day) compared to the lengthwise placement of the aerators under the same process conditions, which allows to reduce the size of structures.

References

1. Patent of Ukraine for utility model № 64417 IPC CO2F3 / 02 / Aerobic bioreactor / Sabliy L.A., Zhukova V.S. applicant and patent holder. National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute» № 201103744; claimed 28.03.11; publ. 10/11/11, Abs. № 21.
2. Sabliy L.A. Wastewater treatment from nitrogen compounds / L.A. Sabliy, V.S. Zhukov // Scientific Journal of Construction / Kharkiv State Technical University of Civil Engineering and Architecture. - Kharkiv: KHUBA, KOTV ABU, 2011, - Vol. 63. - p. 431-435.
3. Shved O.M. Modern technologies of nitrogen extraction from sewage / O.M. Shved, R.O. Petrina, O.L. Karpenko, V.P. Novikov // Biotechnologia acta. - Vol. 7, issue 5-p. 108-115. DOI: 1015407 / biotech 05/07/10.

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ТЕНДЕНЦІЙ ВДОСКОНАЛЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНОГО ПОШУКУ

Терещенко В.В.

*аспірант кафедри інформатики та вищої математики
Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, Україна*

ANALYSIS OF MODERN TRENDS OF INFORMATION SEARCH IMPROVEMENT

Tereschenko V.

*postgraduate student of Department of Informatics and Higher Mathematics
Kremenchuk Mykhaylo Ostrohradskiy National University, Ukraine*

Анотація

У сучасних умовах розвитку інформаційних технологій мережі Internet та пошукових машин виникає потреба у нових методах забезпечення ефективного інформаційного пошуку. Відповідно, у роботі проаналізовано принципи функціонування систем інформаційного пошуку та, спираючись на вимоги сьогодення, виокремлено найважливіші тенденції розвитку. Зважаючи на це, проаналізовано ряд наукових досліджень у сфері інформаційного пошуку. В ході дослідження проаналізовано опубліковані у 2019 році фактори ранжування Google, розглянуто перспективу використання моделі векторного простору (VSM); проведено вдосконалення застарілого методу SeoRank та досліджено перспективність використання методики прецедентів у рамках вдосконалення пошукових методів та, зокрема, при побудові систем інформаційного пошуку. Зокрема, наголошено що організація пошуку на основі прецедентів дозволяє об'єднати в собі різні підходи до вирішення завдання інтелектуалізації та персоналізації пошуку.

Abstract

In the modern conditions of development of information technologies of the Internet and search engines there is a need for new methods of providing effective information search. Accordingly, the paper analyzes the principles of information search systems functioning and, based on the requirements of the present, highlights the most important development trends. Against this background, a number of scientific works in the field of information search was analyzed. The study analyzed the ranking factors of Google published in 2019, considered the prospect of using a vector space model (VSM); improvements to the outdated SeoRank method are conducted, and the

prospect of using precedent methodology as part of improving search methods and, in particular, in building information retrieval systems is investigated. In particular, it is emphasized that the use of precedent-based search organization combines different approaches to solving the problem of intellectualization and personalization of search.

Ключові слова: пошукова оптимізація, пошукова система, пошукова видача, інформаційний пошук.
Keywords: search engine optimization, search engine, search engine results, information search.

Introduction. In the conditions of scientific and technological progress and the development of Internet technologies, there is an enormous that increase in the amount of available information that can be used in solving important tasks in the course of research activities, in support of decision-making in the scientific, technical, social and other spheres [1]. Effective analysis of this information and its application in making strategic decisions gives an advantage in the development not only of the modern economy, but also of science and technology.

The search engine develops in different directions: new ranking factors appear or their priority changes, requirements to the quality of sites and their referral links increase (new anti-spam algorithms appear), the format of the interaction of the search with the user, as well there are new services that simplify the search for information. Since the requirements for the speed of search, the relevance of information with each passing day increase, then the requirements for methods and algorithms for searching and submitting information increase. The process of searching and displaying information on the Internet has a number of features, the main of which is a huge amount of web resources, the need to take into account the semantic peculiarities of information, the impact of a large number of factors in the search, the need to take into account the features of hypertext markup and metainformation [1].

The object of study is the process of organizing an information search.

The subject of study is the modern methods of information search.

The purpose of the work is a significant improvement in the results of information search.

Problem statement. The essence of information retrieval in the general case is that the search engine selects from the set of documents located in the database, which satisfy the information need and correspond to the information request (that is, they are relevant) [4] according to certain criteries.

To date, there are many methods and algorithms for information retrieval, but the continuous development of this industry and the growth of volumes of data require continuous improvement of existing methods and the development of qualitatively new approaches. So, accordingly, the problem of improving the methods of information search is relevant.

Materials and methods. Many scientists worked in the research on information search problems: Ashmanov I.S. [1], Kolysnychenko D.M. [2], Krokhnina O.I. [3], Manning K.D. [4], Klimchuk S.O. [5], et al. So, for example, in his book I.S. Ashmanov [1] summarizes the experience of well-known specialists, SEO-professionals; Particular attention deserves an analysis of the principles of the work of search engines.

D.M. Kolisnychenko [2] describes in detail the algorithms of work and methods of using the most popular search engines of the Internet today - Google, Yandex and Rambler. In addition, the author examines how to develop their own Google-based applications: Google's personalized search engines. Despite the fact that the work of O.I. Krokhnina [3] is focused on SEO-copywriters, Internet marketers, search engine optimization specialists, webmasters and site owners, and discusses the general principles of search engine algorithms. It is based on them that she explains how to write a text for a site, which will be equally well received by users and will provide high positions in the issuance of search engines. Despite the fact that the K.D. Manning's textbook [4] is conceived as an introductory course in information search and written in terms of informatics; in it along with the classic search are considered web search, the principles of the search engines, as well as the classification and clustering of texts. The book contains a modern account of all aspects of designing and implementing systems for collecting, indexing and searching documents, methods for evaluating such systems, as well as introducing methods in machine learning.

In his work [5] S.O. Klimchuk explains the important, from the researcher's point of view, the principles of organizing a case-based system (Case-Based Reasoning System). In particular, the advantages of the precedent methodology in the creation of intelligent decision support tools are analyzed. The publication deserves attention, given the possibility of applying the appropriate methodology to build an information search system.

Obviously, the problem is widely discussed by the scientific community. However, despite a significant number of researchers' publications, the problem of improving information search methods has not been completely solved and remains relevant.

In accordance with the general principles of organization of information search, at the heart of each search method, its algorithms is a model of implementation, which is used to refine the search strategy [2]. Thus, we can say that formally for a search algorithm it is a mathematical representation capable of displaying any relevant object in the information retrieval system in relation to any criteria for its use by the system in order to perform a search task.

The problem is that the differences between the existing search algorithms generated a significant variety of models [2]. If the model is fairly general, then the corresponding search algorithm will be useful only for a very superficial conceptualization of information search. On the other hand, if the model is defined deeply enough to cover all possible aspects of the system, then there will be a problem in a complex description of the principles of organization, which will create

difficulties for further improvement of the algorithm. Thus, it is expedient to create an improved algorithm for the implementation of an information search, the model of which will be equally relevant to both the criteria of generality and depth criteria.

Given the significant accumulation of information volumes together with the progressive growth of its number and the importance of discoveries in the field of information search, the issue of development and improvement of search algorithms and methods remains relevant.

Information search optimization appeared during the progress of search engines [1]. At that time, search engines attached great importance to the aspects that site owners could easily manipulate: text on a page, keywords in meta tags, and other internal factors. This led to the fact that in the issuance of many search engines, the first few pages occupied sites that were entirely devoted to advertising [2].

The idea of automated processing of text information with the help of electronic computers arose at the beginning of the XX century. The development of computer linguistics contributed to the integration of mathematical methods (first of all, statistics and discrete mathematics) and linguistics for solving applied problems in the analysis of textual information [3].

So, with the advent of Google PageRank [11], more attention has been given to external factors, which has helped Google become a global leader in search, making it more difficult to optimize with text only on the site. For a long time, PageRank was one of the most important Google ranking algorithms [1]. Subsequently, the modified algorithm was applied to a collection of documents linked by hyperlinks (such as web pages from the World Wide Web), and defined each of them a numerical value that measured its "importance" or "credibility" among other documents.

The more there were links to a page, the "more important" it was. In addition, the "weight" of page A was determined by the weight of the link transmitted to page B. Thus, PageRank was a method of calculating the weight of a page by counting the importance of references to it [3].

In the light of recent efforts by well-known search engines to tackle purchased links, cheat code, and other manipulative methods that would lead to artificially raising the ranking of a web resource in the form of extradition, has significantly increased the role of so-called "behavioral factors" as elements of the promotion of the site in the TOP search engine.

Behavioral factors are indicators that characterize the user's work with the search engine and its direct behavior on the site. Their main task is to improve the quality of search engine placement [1].

Influence of behavioral factors on the ranking in search engines is undeniable. The main behavioral factors include [12]:

1. Clicks in the issuance of the search engine. The main value is given to the first and last clicks, because, according to Yandex algorithms, it is usually considered the most appropriate in some cases.
2. Visiting the resource, which indicates its popularity and demand in the network space.

3. Time of finding both on the site as a whole, and in its separate sections in particular. This is the most important criterion for assessing the quality of the resource, since a good portal always delays visitors for a long time while bad users leave practically immediately.

4. Depth of view, which is calculated from the number of pages viewed. This factor depends on the previous one. The more time a user has spent on a site, the more pages were viewed, the better the search engine resources will be considered.

5. Return index - The number of users who form a permanent target audience.

6. Bounce rate that covers users who did not start browsing more than one page. This factor is considered negative, indicating the low quality of the site and the irrelevance of the subject. It is also important to note that this criterion can not be considered the main one, because visitors could leave the page not only because it did not meet their expectations, but also because they immediately found an answer to their question.

7. Links to the site. The number of referrals to a web site is not only from search engines and from other sources (like social networks, etc.).

Usually site owners conduct an analysis of behavioral factors using web analytics systems that connect directly to the site. Among the most popular among them are Yandex.Metrics and Google Analytics [4]. This fact must be taken into account when choosing the principles behind which the search algorithm will work. However, when using the web resource owner of several counters simultaneously (for example, Google Analytics and Yandex Metrics), there is a noticeable difference in the calculation of statistics.

Significant reasons for such differences are that the systems of analytics operate with different data and count the same indicators in different ways. Yandex.Metrics and Google Analytics may display different data for a variety of reasons [1]:

1. Counters are installed in different places of the HTML code. For example, if the analyzer counter is set to the <head> tag and the metrics before the closing tag </body>, then most users who did not wait for the page to load will not appear in statistics.

2. Wrong time zone setting. In Yandex.Metrics and Google Analytics, it is possible to set the time zone in the meter settings to calculate the statistics. If different time zones are specified, the statistics will be different.

3. Filter settings. Different instructions when setting up filters make the difference between the displayed data.

In addition, differences are also in the understanding of terminology [4]. The average user is used to count visits as equivalent visits, but this is not correct. Yandex visits are the number of sessions of user interaction with the site, during which one or more pages are viewed. The visit ends 30 minutes after the user has no activity. The Google Visits session includes all usage data (views, transactions, etc.).

The same situation with the indicator of failures. In Google, this is the percentage of visits in which no more than one page was opened. In Yandex, this is the

fate of visits, within which there was only one pageview.

However, when determining the relevance of search engines, first of all pay attention to how many times a page encounters a phrase, the same query user. This parameter is called the keyword frequency. The higher it is, the more relevant the site is. Until recently, optimizers specifically increased the frequency of key words up to the total unreadable text. Currently, search engines are actively struggling with similar methods and reduce the ranking when they are detected.

To determine the frequency of keywords used special mathematical algorithms, which calculate the number of requests for queries on the volume of the resulting text. At the same time, the optimal ratio is 3-5%. Since search engines' systems are not able to evaluate texts in terms of readability, this circumstance allows optimizers to increase the frequency of keywords to a certain limit, which, on the one hand, violates the rules of using search engines, and on the other hand, does not exceed the criteria established by them.

Nowadays, a rather important problem in the field of information search is the problem of designing intelligent systems oriented on open and dynamic databases [4]. Such systems are based on the integration of adaptable, modifying and learning models of search, discovery and operation of knowledge, focused on the specificity of the desired (subject) area and the corresponding type of uncertainty, reflecting their ability to develop and change their state. Using precedent-based search, you can combine different approaches to solving the problem of personalizing and personalizing your search.

In most encyclopedic sources, the term «precedent» is defined as a case that has occurred before and served as an example or justification for subsequent cases of this kind [5]. Case-Based Reasoning is a technique capable of solving a new or unknown problem, using or adapting a solution to a known problem, that is, using the experience gained from solving such problems. A precedent-based approach has emerged in the development of research into the creation of expert systems (knowledge-based systems).

Typically, the precedent-based inference process is subject to decomposition into four main stages, which form the so-called precedent-based reasoning cycle [5]. The main stages of such a cycle are:

- 1) ejecting of the most relevant (similar) precedent (or precedents) to the situation that has arisen from the library of precedents;
- 2) reusing the ejected precedent to attempt to resolve the current problem;
- 3) revision and adaptation in case of need of the received solution according to the problem;
- 4) preserving new decision-making as part of a new precedent.

The advantages of case-based considerations include the following aspects [5]:

- 1) the ability to directly use the experience gained by the system without intensive involvement of an expert in a particular subject area;

- 2) the possibility of reducing the time to find a solution to a task by using an existing solution for such a task;

- 3) the possibility to exclude the repeated receipt of the wrong decision;

- 4) there is no need for a complete and in-depth examination of knowledge regarding a specific subject area.

The disadvantages of considerations based on precedents include the following [5]:

- 1) when describing precedents are usually limited to superficial knowledge of the subject area;

- 2) a large number of precedents can lead to a decrease in system performance;

- 3) it is problematic to define criteria for indexing and comparing precedents;

- 4) problems with debugging algorithms for determining similar (similar) precedents;

- 5) the inability to obtain solutions to problems for which there are no precedents or the degree of their similarity (similarity) is less than a given threshold value.

The main purpose of using the precedent apparatus in the information search system will be to issue a response to a user query based on precedents that have occurred in the past when performing such queries. The information about the new query will be used to remove the most appropriate precedent (precedents) from the case library. The extracted precedent is reused to solve a new problem (problem) [5]. The proposed solution can then be adapted to the new situation and implemented in practice. If successful, the proven solution, together with the request description, creates a new precedent that is stored in the precedent database.

Experiments. In the framework of the research the theoretical work was carried out: modern methods of information search were analyzed, and, based on the requirements of the present, the most important aspects were outlined. From the practical point of view, for the experimental research, information retrieval system (Google) were used which, according to the keywords, publish the web pages of the found documents. Google was chosen as a researched search engine for two reasons: 1) popularity and leadership among search engines in the world, and in Ukraine, particularly; 2) difficulties with access to a competitor (for comparison) – a search engine Yandex in our country. The search settings provided the optimal showing option – 10 electronic documents per page. Based on generally acknowledged facts (preferences of users, behavioral factors, effect of long search, etc.) and from our own experience, it is known that the required information about a search query must be on the first 3 pages. Therefore, for calculations, the limit of 3 full pages was chosen, that is, the volume of research of Search Engine Results was 30 electronic documents.

To carry out experiments on these pages, the computerized computer-aided computing system (Mathcad) and the visual and mathematical functionality of the Microsoft Office Excel were used to implement the proposed method for assessing the relevancy of the document to the request (developed by author modified SeoRank).

Results and discussion. To solve more complex tasks of information search (computer translation, automatic referencing and other tasks of analytical processing of textual information) it is necessary to use methods of linguistic analysis of texts that enable to not only find the concepts, the key vocabulary, but also allow to define different connections. between them.

Taking into account the aforementioned perspective, in terms of generality and depth, working with the text will be the use of the vector space vector (VSM) [4]. The corresponding model describes an information search algorithm based on a modified frequency criterion, which, in addition to the use of the relevance of the word, will also take into account its semantic weight, thus improving the quality of the search query. This will allow you to receive relevant data, even if most of the query words are not contained in the context (document), despite the semantic similarity between context and query. Vector Space Model (VSM) is a mathematical model [4] representing texts, in which each document is mapped to a vector that expresses its content. This representation makes it easy to compare words, look for similar ones, classify, clusterize, etc.

In general, there are two basic approaches to semantic search, and indeed to a comparison of documents in content. The first approach is based on manually assigning objects to some attributes and processing exactly these attributes, and corresponding objects [2]. The second approach, which actually represents value, is based on the opposite idea: instead of complex logical rules, a simple mathematical model is used - a statistical analysis of already existing texts. The beginning of this approach takes on the work on the method of LSA (Latent Semantic Analysis, implicit semantic analysis) [3]. Later, the method has undergone many modifications and has become quite popular. Today, Google and a lot of other major search engines use one of the parameters of this method (index $tf * idf$) when ranking results [7].

The principle of the search algorithm according to this method is quite simple: the more often two words occur in the same contexts (documents), the closer they are to the content.

For LSA, the frequency of finding a particular document is calculated simply as an index $tf * idf$, which is decrypted as “term frequency * inverse document frequency” [4]. Term frequency - calculated as the number of occurrences of a particular term in a particular document, divided by the total number of words in this document.

Document frequency is the number of documents in which this term is found, divided by the total number of documents. Inverse document frequency, respectively, is the value of the reverse document frequency, i.e. $idf = 1 / df$. Usually, to mitigate the effect of idf 's action on the overall result, instead of the most important, its logarithm is taken.

Accordingly, in the general case, the frequency of occurrence of the term, which is the reciprocal of the document ($tf * idf$ model), is used to calculate the weight d for the term i in the document (1):

$$d_i = tf_i * idf_i, \quad (1)$$

where tf_i is the frequency of occurrence of the term i in the document, and idf_i is the inverse frequency of the occurrence of the term i in the whole context.

All documents are ranked according to their similarity to the entered request. The absence of common terms in two documents does not necessarily mean that the documents are not semantically similar. Similarly, documents that are relevant to a queried request may not contain such terms.

As you know, within the framework of information retrieval, document content (such as web pages) is an important characteristic for analyzing and constructing optimal search results for document search results [2], since they should not contain instances whose content is duplicated on other pages; the amount of information noise should be minimal, and the main content - relevant to the subject of search. Consequently, the evaluation of web pages for the purpose of duplication of information and its novelty is considered as a necessary stage in the construction of optimal information search algorithms.

To solve this task, which is to find duplicates, the best method is the method of exclusiveness – “single method” [1], the main idea of which is to split comparable texts into selected from the text of the sequence of words (singles), for each of which a checksum is calculated.

The proximity measure of two text documents $sim(D_i, D_j)$ was determined on the basis of probability apparatus (2), namely, the product of the probability that the random word w is included in the document D_i provided that it is included in the document D_j multiplied by the probability the entry of this word into the D_j document.

$$sim(D_i, D_j) = P(w \in D_i | w \in D_j)P(w \in D_j) \quad (2)$$

In this case, the novelty parameter of the new document D_i (3):

$$New_i = \frac{Rank_i * sim(D_i, PlusDic)}{\log(i+1) \sum_{j=1}^N sim(D_i, D_j)} \quad (3)$$

where N - total number of web documents; $D_j - j$ -th current document; D_i - the first document; PlusDic - dictionary; $sim(D_i, D_j)$ - measure of proximity of documents i and j ; $sim(D_i, PlusDic)$ - of i -th document and dictionary; $Rank_i$ is ranked i -th document.

From the point of view of increasing the reliability of evaluating the relevancy of a document to a request, the author developed the modification (for the first time, as a result of a wide range of research) of an outdated SeoRank method and justified the expediency of using that advanced SeoRank [2] method to determine the relevancy of the document's information blocks (web pages) with respect to its main content, which is presented on the web page as meta tag information. That is, a detailed assessment of the components of the document will take place. Unlike the previous methods of assessing relevancy (e.g., PageRank), author in the calculation of modified form of SeoRank does not consider the relevancy of information blocks relative to specific search queries and does not take into account

external parameters such as resource interactions, physical availability of resources, compliance with standards, etc., and gives the ability to evaluate information blocks within a specific document (web page) [2].

Formally modified SeoRank is calculated as (4):

$$SeoRank = \sum_{i=1}^4 a_i r_i, \quad (4)$$

where r_i – parameter value; a_i – weight of the parameter; at which the total weight (5):

$$\sum_{i=1}^4 a_i = 1 \quad (5)$$

Results of calculations on the Table 1 clearly shows us that the use of the first proposed by author method of assessing the relevancy of the document to the request allows in practice determine how accurate are the search engine issuance.

Table 1

The experimental results of assessing the relevancy of the document to the request (by modified SeoRank)

Document	The value of the modified SeoRank (rounded up to one hundredth)		
	Search request		
	«Кременчуцька ГЕС»	«Джордж Буль»	«Інформаційний пошук»
1	0,92	0,93	0,95
2	0,91	0,94	0,91
3	0,86	0,91	0,78
4	0,85	0,88	0,81
5	0,75	0,91	0,88
6	0,58	0,86	0,84
7	0,66	0,79	0,78
8	0,54	0,81	0,93
9	0,71	0,51	0,91
10	0,52	0,78	0,82
11	0,88	0,79	0,32
12	0,76	0,77	0,47
13	0,83	0,62	0,38
14	0,66	0,63	0,48
15	0,57	0,57	0,52
16	0,81	0,83	0,74
17	0,51	0,81	0,62
18	0,49	0,66	0,53
19	0,77	0,89	0,81
20	0,55	0,82	0,84
21	0,52	0,84	0,54
22	0,44	0,46	0,33
23	0,54	0,48	0,63
24	0,44	0,55	0,38
25	0,41	0,67	0,41
26	0,37	0,71	0,44
27	0,92	0,81	0,51
28	0,41	0,33	0,47
29	0,37	0,45	0,32
30	0,22	0,74	0,31

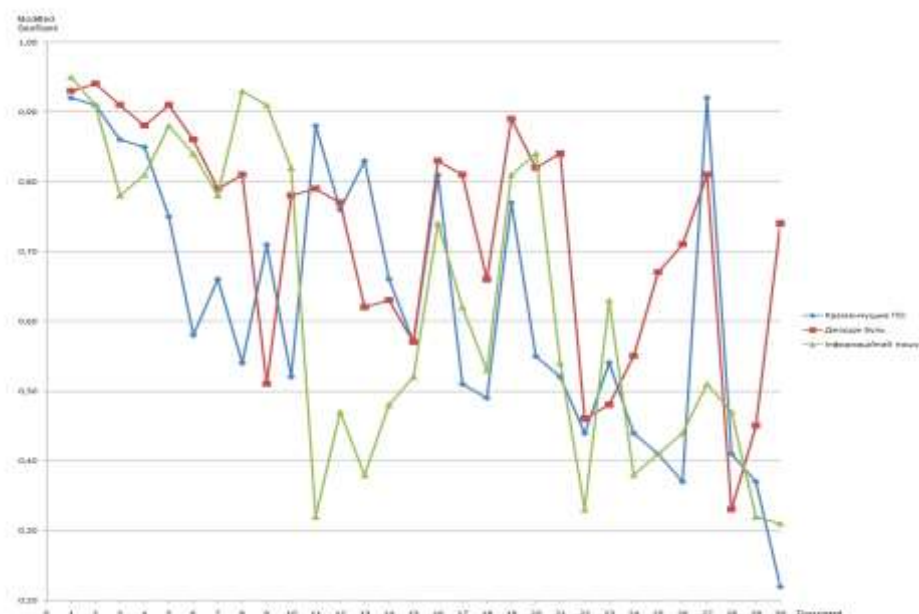


Fig. 1. Graphs of the results of the calculation the modified SeoRank of the first 30 documents generated by the search engine Google for three search issues

As we see from Table 1, due to the use of the developed modified SeoRank method, it is possible not only to make a detailed assessment of the components of the document for the relevance of the search issue, but also to establish how does exact from the given point of view is the issuance of the search engine. Obviously, the resulting figures allow us to conclude that the analogue (that used by the search engine) to solve similar problems is insufficient accurate.

Given that the Google search engine (which, as mentioned in the article, gives priority to the relevancy factor) formulates its search issuance based on the principle of “decay (reduction)” (from the most relevant search query of the document to the least relevant), and given that for the solution to this task is the use of a wide range of analogues to the proposed in the article method (outdated PageRank; MozRank; Keyword Ranking; the usual SeoRank); the advantage of the developed modified SeoRank to its counterparts is evident. This is evident from the graphs shown in Figure 1, which shows significant differences between the “falling” search issuance of Google and the actual relevance of documents in the issuance of a search query. As we can see, in contrast to the existing methods of assessing relevance (for example, PageRank), an modified form of SeoRank provides an opportunity to assess the relevance of information blocks within a specific document (web page), which can significantly improve the results of search execution and verify compliance with the requirements of the search query, which actually shows us on a Figure 1.

Accordingly, within the framework of the study and, in particular, to improve the outdated method SeoRank, was found (in the first time) and it was proposed that the following parameters should be used to calculate the modified SeoRank [1]:

1) relevance of the title of the web page (“title”) to the text block of information block r1 – the ratio of the

number of occurrences of words from the title to the block text to the total number of words of the block;

2) the relevancy of the keywords of the web page (“meta keywords”) to the text block of information r2 – the ratio of the number of keyword hits to the block text to the total number of words in the block;

3) the relevance of the words from the description of a web page or a document (“meta description”) to the text of the information block r3 – the ratio of the number of occurrences of words from the description of the web page to the block text to the total number of words of the block;

4) the relevancy of the headers of the web page or the document (“headers”) to the text block of information r4 – the ratio of the number of occurrences of words from the headings (“H1” – “H6”) of the web page to the total number of words from the headings of the block.

Conclusions. As a result of the analysis of Google ranking factors published in 2019, we can come to the following conclusions regarding the principles of operation of modern search engines:

1. Increased attention to relevant, high-quality content (“Relevant, holistic content is more important than ever”) and influence of behavioral factors;

2. The effect of keywords is diminished. (“Keywords are becoming increasingly obsolete”);

3. Mobile Friendly: creating a working mobile version of the site - an obligatory step in promoting the resource. Already from 2015, Google has begun ranking higher sites adapted for mobile devices.

4. The role of social networks is growing – if there is a transition from social networks, then the site will have a higher rating in search (“Social signals – a bonus for positive rankings”).

Based on the review of the current state of research in the field of optimization of methods and algorithms

of information search, the following problems are identified: a large number of duplicate content; no breakdown of web search results by topics; a significant amount of information spam when viewing documents, which greatly affects the time of searching and viewing documents. Accordingly, the requirements for the speed of search, the relevance of information with each passing day is increasing; At the same time, requirements for methods and algorithms for searching and submitting information are increasing [1]. The continuous development of information retrieval and the growth of data volumes require continuous improvement of existing methods and the development of qualitatively new approaches. These and other factors point to the fact that the problem of developing and improving effective information search techniques in web systems is relevant.

In accordance with the set requirements, perspective in terms of generality and depth in the context of linguistic analysis of texts will be the use of the vector space model (VSM) [4]. The essence of the model lies in the mathematical representation of texts, in which each document is compared to a vector that expresses its content. At the same time, the necessary stage in the construction of optimal information search algorithms is the evaluation of web pages for the duplication of information and its novelty. To find duplicates, the best method is the method of exclusiveness (singles) - single method [1], the main idea of which is to split comparable texts into selected from the text of the sequence of words (singles). From the point of view of increasing the reliability of evaluating the relevancy of a document to a request, it will be advisable to use the improved SeoRank [2] method to determine the relevance of information blocks of a web page about the main content that is presented on a web page as meta tag information.

In addition, by the course of the research, the prospect of using the precedent methodology within the framework of the improvement of search methods and, in particular, in the construction of a distributed information retrieval system oriented structure was established. It is emphasized that the use of precedent-based search organization allows to combine different approaches to solve the problem of intellectualization and personalization of search and to reduce the load on the search engine index, as well as to simplify the solution of a number of other problems.

The findings and suggestions of this study can be used in research and teaching. The results of this study can be used to further analyze and refine information

search methods in general and in the educational field, in particular.

References

1. Ашманов И.С., Иванов А.А. Продвижение сайта в поисковых системах. М.: Вильямс, 2016. 304 с.
2. Колисниченко Д.Н. Поисковые системы и продвижение сайтов. М.: Диалектика, 2014. 272 с.
3. Крохина О.И. Первая книга SEO-копирайтера. Как написать текст для поисковых машин и пользователей / О.И. Крохина, М.Н. Половина – М.: Инфра-Инженерия, 2015. – 216 с.
4. Маннинг К., Рагхаван П., Шютце Х. Введение в информационный поиск. М.: Вильямс, 2017. 640 с.
5. Климчук С.О. Розроблення прецедентної системи підтримки прийняття рішень. Вісник Національного університету «Львівська Політехніка». 2010. № 689. С. 169–176.
6. Терещенко В.В., Терещенко В.Л. Перспективність вдосконалення систем інформаційного пошуку. Четверта Всеукраїнська науково-практична конференція «ІТ-Перспектива». Кременчук: КрНУ, 2017. С. 26-28.
7. Терещенко В.В. Аналіз сучасних методів інформаційного пошуку. Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. Кременчук: КрНУ, 2018. Випуск 3 (110) С. 26-32.
8. Терещенко В.В. Перспективність вдосконалення інформаційного пошуку за допомогою прецедентів // Журнал «The scientific heritage» (ISSN 9215-0365), Budapest (Hungary), – No 41 (2019) – С. 47-52
9. Урвачева В.А. Обзор методов информационного поиска. Вестник Таганрогского института имени А.П. Чехова. 2016. №1. С. 457-463
10. Alexandros N., Mark M. Detecting Spam Web Pages through Content Analysis // Microsoft Research, 2012, – PP. 1-6.
11. Brin S., Page L. The anatomy of a large-scale hypertextual Web search engine // Computer Networks and ISDN Systems, 2004. – PP. 107-117.
12. Fetterly D., Manasse M., Najork M. Spam, Damn Spam, and Statistics // Int'l Workshop on the Web and Databases, ACM Press, 2004, – PP. 1-6.
13. Ganz A., Sieh L., Behavioral factors and SEO // Proceedings of 24th International Conference on Computer Communications and Networks (ICCCN 2015) Las Vegas, Nevada, USA August 3 – August 6, 2015, Scottsdale, Arizona, USA. – PP. 218-223.

ВРАХУВАННЯ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В ЗАДАЧАХ ПРОЕКТУВАННЯ ПОВІТРЯНИХ ЛІНІЙ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧІ**Бондаренко В.О.***доктор технічних наук, професор кафедри передачі електричної енергії
Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»***Горкунов Б.М.***доктор технічних наук
професор кафедри інформаційно-вимірювальних технологій і систем
Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»***Черкашина В.В.***доктор технічних наук, доцент кафедри передачі електричної енергії
Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»***TAKING INNOVATION TECHNOLOGIES INTO THE DESIGN OF AIR ELECTRIC LINE****Bondarenko V.***Doctor of technical sciences, professor of the department of electric power transmission,
National technical university "Kharkiv polytechnic institute"***Gorkunov B.***Doctor of technical sciences
professor of the department of information-measuring technologies and systems,
National technical university "Kharkiv polytechnic institute"***Cherkashyna V.***Doctor of technical sciences, docent of the department of electric power transmission,
National technical university "Kharkiv polytechnic institute"***Анотація**

У статті обґрунтовано необхідність врахування інноваційних технологій під час проектування повітряних ліній електропередачі. Відмінною особливістю запропонованого підходу є доцільність враховувати під час проектування наявність засобів контролю поточних технологічних параметрів об'єкту для керування в період експлуатації режимами роботи електричних мереж в реальному часі з метою оптимізації перетоків активної потужності і зменшення технологічних втрат. Бібл. 8, табл. 4, рис. 1.

Abstract.

The article substantiates the need to take into account innovative technologies in the design of transmission lines. A distinctive feature of the proposed approach is the feasibility of taking into account when designing the means of control of the current technological parameters of the object to control during the operation of the modes of operation of electrical networks in real time in order to optimize the flows of active power and reduce technological losses. Bible. 8, Table. 4, fig.1.

Ключові слова: активна потужність, технологічні втрати, електропередача, інноваційні технології, повітряна лінія, проектування.

Keywords: active power, technological losses, power transmission, innovative technologies, overhead line, design.

Вступ. Об'єднана електроенергетична система (ОЕС) України, яка здійснює централізоване електрозабезпечення внутрішніх споживачів, а також взаємодіє з енергосистемами сусідніх держав і забезпечує експорт та імпорт електричної енергії, функціонує за Законом України «Про ринок електричної енергії» [7].

Дані умови сприяють створенню нових засобів контролювання поточних технологічних параметрів електроенергетичних об'єктів, які доцільно враховувати під час проектування електричних мереж (ЕМ). Підсумком цього напрямку являється впровадження інноваційних технологій. Згідно енергетичної стратегії держав Євросоюзу та США дані технології входять до концепції Smart Grid. Відповідно до неї електричні мережі оснащені інноваційними технологіями – це мережі, які задовольняють вимогам енергоефективного та економічного функціо-

нування енергосистеми за рахунок скоординованого керування за допомогою сучасних двосторонніх комунікацій між елементами електричних мереж, електричними станціями, джерелами живлення і споживачами [3, 5].

Відповідно даної стратегії в Україні також проводяться заходи, щодо оснащення електроенергетичних об'єктів, в тому числі і повітряних ліній (ПЛ), засобами контролю поточних параметрів для керування під час експлуатації режимами струмового навантаження в мережі згідно з реальними даними про термічну та механічну стійкість проводів; контролювання рівня технологічних втрат; врахування зміни електричних навантажень; коригування режимів роботи ліній і регламенту їх технічного обслуговування (ремонтів та реконструкції).

Таким чином, врахування під час проектування інноваційних технологій, а саме оснащення ПЛ інноваційними засобами контролю поточних

технологічних параметрів, дозволить в період експлуатації покращити керування режимами роботи ЕМ за рахунок додаткової інформації з ліній [3].

Мета роботи. Провести дослідження та обґрунтувати доцільність врахування під час проектування оснащення повітряних ліній засобами контролю поточних технологічних параметрів для керування в період експлуатації режимами роботи електричних мереж в реальному часі з метою збільшення активної потужності і зменшення технологічних втрат.

Основні матеріали досліджень.

Основний показник ПЛ в реальному часі – допустимий струм, за якого лінія функціонує без порушень правил техніки безпеки, цілісності матеріалів і надійності ЕС [5]. Коли струм в ПЛ збільшується, провід нагрівається і, відповідно, стріли провисання можуть виходити за допустимі межі, що приводить до змін в габаритах ліній.

Традиційно під час проектування об'єктів ЕМ фіксовані значення теплових показників ПЛ установлюють за довідковими даними [8]. Такі показники засновані на певних уявленнях про швидкість вітру, температуру навколишнього середовища і сонячному випромінюванні. В реальному часі метеорологічні умови змінюються. Особливо небезпечним являються ожеледі відкладення на проводах, які можуть привести не тільки до подовження проводу, а і до його обриву. Тому замість фіксованих значень показників необхідно отримувати і коригувати дані про термічну та механічну стійкість проводів ліній в реальному часі в залежності від параметрів навколишнього середовища, що дозволить скорегувати режим роботи ЕМ і оптимізувати використання реальної пропускної здатності ПЛ.

Відомо, що пропускна здатність ПЛ визначається величиною переданої потужності і залежить від рівня технологічних втрат. Потужність визначається умовами роботи ліній в ЕМ і параметрами самих ПЛ.

Одним з основних параметрів ліній, що впливає на передану потужність, є активний опір проводів, який залежить від температури проводів й струмового навантаження. Тому, доцільно під час проектування в розрахунках режимів роботи ліній використовувати активний опір ліній як змінний параметр.

Враховуючи те, що ПЛ виконують основні електричні зв'язки в ОЕС, то розглядати їх пропускну здатність доцільніше враховуючи параметри роботи мереж.

Для розрахунку параметрів режиму роботи ЕМ з врахуванням температури проводів в роботі використовується метод Ньютона і математична модель на основі методу вузлових напруг [2, 5]:

$$\dot{S} = \sqrt{3} \dot{U}_\delta \cdot \hat{J}; \quad (1)$$

$$F(\dot{U}) = \dot{Y} \cdot \dot{U} - \sqrt{3} \dot{J} + \dot{Y}_a \cdot \dot{U}_a = 0, \quad (2)$$

де \dot{S} – вектор потужностей джерел, приєднаних до вузлів ЕМ; \dot{U}_δ – діагональна матриця напруг в вузлах; \hat{J} – вектор задаючих струмів; \dot{Y} – матриця

вузлових провідностей мережі без базисного вузла; \dot{Y}_a – вектор взаємних провідностей базисного вузла, кожен елемент якого дорівнює

$$\dot{Y}_a = - \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^{n+1} \dot{Y}_{i,j},$$

де \dot{U} – вектор напруг у вузлах; \dot{U}_a – напруга в базисному вузлі; n – кількість вузлів ЕМ без базисного.

З рівняння (2) слідує, що матриця \dot{Y} має важливу роль в процесі розрахунку режиму роботи мережі. Тому, що вона визначається параметрами пасивних елементів мережі, які залежать від температури проводу та навантаження і є складовою частиною матриці чутливості Якобі в методі Ньютона. В наукових працях вчених ця проблема не мала широкого відображення, хоча температура проводу у неявному вигляді є параметром математичної моделі сталого режиму і, відповідно, впливає на процеси при отриманні рішення задачі аналізу режиму роботи мережі [2, 4, 5].

В роботі пропонується оцінювання впливу зазначених факторів, тобто температури проводів і навантаження у вузлах на характер проходження ітераційних процесів розрахунку режиму роботи мережі. І так, як вектор - функція $\sqrt{3} \dot{J} = \hat{U}_a^{-1} \hat{S}$ неаналітична, то неможна визначити матрицю Якобі математичної моделі в комплексних координатах. Для цього її перетворено в дійсну площину з урахуванням того, що $\dot{Y} = G - jB$.

Модель (2) після перетворень має вигляд:

$$F(U', U'') = \begin{Bmatrix} B & G \\ G & -B \end{Bmatrix} \cdot \begin{Bmatrix} U'' \\ U' \end{Bmatrix} - \begin{Bmatrix} J' \\ J'' \end{Bmatrix} + \begin{Bmatrix} G_a & U_a \\ -B_a & U_a \end{Bmatrix} = 0; \quad (3)$$

$$J' + jJ'' = \hat{U}_a^{-1} \hat{S};$$

$$U' + jU'' = \dot{U},$$

де G_a, B_a – складові вектору \dot{Y}_a .

Рекурентні вирази методу Ньютона першого порядку отримано використовуючи розкладення виразу (3) в ряд Тейлора зі збереженням лінійної частини

$$[W(\dot{U}^{(k)})] \Delta \dot{U}^{(k)} = -F(\dot{U}^{(k)}). \quad (4)$$

Відповідно до виразу (4) математична модель аналізу сталих режимів ЕМ в методі вузлових напруг на k -ій ітерації методу Ньютона має вигляд:

$$\frac{\partial F}{\partial U} (U'^{(k)}, U''^{(k)}) \cdot \begin{Bmatrix} \Delta U''^{(k)} \\ \Delta U'^{(k)} \end{Bmatrix} = - \begin{Bmatrix} F'(U'^{(k)}, U''^{(k)}) \\ F''(U'^{(k)}, U''^{(k)}) \end{Bmatrix}, \quad (5)$$

де $\frac{\partial F}{\partial U}(U^{(k)}, U''^{(k)})$ – матриця чутливості Якобі; $\Delta U^{(k)}, \Delta U''^{(k)}$ – вектор змін дійсної та уявної складових напруг; $F(U^{(k)}, U''^{(k)})$, $F''(U^{(k)}, U''^{(k)})$ – небаланси дійсних та уявних складових струмів.

Матриця Якобі формується з урахуванням форми запису вихідної моделі (5) у відповідності з виразом:

$$\frac{\partial F}{\partial U} = \begin{bmatrix} \frac{\partial F'}{\partial U''} & \frac{\partial F'}{\partial U'} \\ \frac{\partial F''}{\partial U''} & \frac{\partial F''}{\partial U'} \end{bmatrix} \quad (6)$$

її елементи визначаються за виразами:

$$\frac{\partial F'_i}{\partial U''_i} = B_{ii} + \Delta B_{ii} - D_i;$$

$$\frac{\partial F'_i}{\partial U''_j} = G_{ij} + \Delta G_{ij} + A_i;$$

$$\frac{\partial F'_i}{\partial U''_j} = -B_{ij} - \Delta B_{ij};$$

$$\frac{\partial F'_i}{\partial U''_j} = G_{ij} + \Delta G_{ij};$$

$$\frac{\partial F''_i}{\partial U''_i} = G_{ii} + \Delta G_{ii} - A_i;$$

$$\frac{\partial F''_i}{\partial U''_i} = -B_{ii} - \Delta B_{ii} - D_i;$$

$$\frac{\partial F''_i}{\partial U''_j} = G_{ij} + \Delta G_{ij};$$

$$\frac{\partial F''_i}{\partial U''_j} = B_{ij} + \Delta B_{ij};$$

$$A_i = \frac{P_i(U_i'^2 - U_i''^2) + 2 \cdot Q_i \cdot U_i' \cdot U_i''}{U_i^4};$$

$$D_i = \frac{Q_i(U_i'^2 - U_i''^2) - 2 \cdot P_i \cdot U_i' \cdot U_i''}{U_i^4};$$

де $\Delta G_{ij}, \Delta B_{ij}$ – поправки до елементів i - j матриць, відповідно, активних та реактивних вузлових провідностей, які зумовлено зміною активного опору вітки i - j схеми заміщення ЕМ ΔR_{ij} під впливом температури проводу та протіканням робочого струму:

$$\Delta G_{ij} = \frac{K1_{ij} \cdot \Delta R_{ij}^2 + K2_{ij} \cdot \Delta R_{ij}}{K5_{ij} \cdot \Delta R_{ij}^2 + K6_{ij} \cdot \Delta R_{ij} + K7_{ij}};$$

$$\Delta B_{ij} = \frac{K3_{ij} \cdot \Delta R_{ij}^2 + K4_{ij} \cdot \Delta R_{ij}}{K5_{ij} \cdot \Delta R_{ij}^2 + K6_{ij} \cdot \Delta R_{ij} + K7_{ij}};$$

$$K1_{ij} = -R_{ij};$$

$$K2_{ij} = -R_{ij}^2 + X_{ij}^2;$$

$$K3_{ij} = -X_{ij};$$

$$K4_{ij} = -2R_{ij} \cdot X_{ij};$$

$$K5_{ij} = R_{ij}^2 + X_{ij}^2;$$

$$K6_{ij} = 2R_{ij} \cdot (R_{ij}^2 + X_{ij}^2);$$

$$K7_{ij} = (R_{ij}^2 + X_{ij}^2)^2.$$

З урахуванням введених позначень вираз для матриці Якобі (6) має вигляд:

$$\frac{\partial F}{\partial U} = \begin{bmatrix} B + B_{\Delta} - D & G + G_{\Delta} + A \\ G + G_{\Delta} - A & -B - B_{\Delta} - D \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} B & G \\ G & -B \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} B_{\Delta} & G_{\Delta} \\ G_{\Delta} & -B_{\Delta} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -D & A \\ -A & -D \end{bmatrix},$$

де B_{Δ}, G_{Δ} – матриці, подібні за структурою до складових матриць вузлових провідностей B, G , елементами яких є, відповідно, ΔB_{ij} та ΔG_{ij} ; A і D – діагональні матриці, елементами яких є, відповідно, A_i та D_i

Таким чином, матриця Якобі має три складові:

$$\frac{\partial F}{\partial U} = Y + Y_{\Delta} \cdot (R_{\Delta}) + V \cdot (P, Q, U), \quad (7)$$

де R_{Δ} – вектор-стовпець поправок активних опорів віток схеми заміщення мережі, зумовлених впливом зміни метеопараметрів та режиму роботи ЕМ.

Розділення матриці Якобі на три складові дає можливість спростити алгоритм її формування та коригування в процесі автоматизованого розрахунку, яким проаналізовано комплексну матрицю поточкорозподілення:

$$\dot{C}_k = z_e^{-1} \cdot \dot{M}_{ki} \cdot (\widehat{M}_k \cdot z_e^{-1} \cdot \dot{M}_{ki})^{-1}, \quad (8)$$

де $z_e = r_e + jx_e$ – діагональна матриця опорів гілок ЕМ; \dot{M}_{kt} – матриця з'єднань віток у вузлах, в якій замість "1" для трансформаторних віток записуються коефіцієнти трансформації.

Активні і реактивні опори гілок, а також коефіцієнти матриці поточкорозподілу (\dot{C}_k) розраховуються спочатку для номінальних значень параметрів мережі і уточнюються в процесі керування режимом її роботи згідно зі зміною поточних метеорологічних умов.

Зміна технологічних втрат потужності в витках ЕМ за зміни їх параметрів, викликаних зміною метеорологічних умов, визначається як:

$$\Delta \dot{S} = \dot{T} \cdot \dot{S}, \quad (9)$$

де $\dot{S} = P + jQ$ – вектор потужностей; \dot{T} – матриця коефіцієнтів розподілу втрат потужності в витках схеми ЕМ, кожен рядок якої визначається як

$$\dot{T}_i = \dot{U}_i \cdot \dot{M}_{ki} \cdot \widehat{C}_{ki} \cdot \dot{U}_d^{-1}. \quad (10)$$

Коефіцієнти втрат потужності в витках ЕМ визначаються напругою в вузлах. У виразі (10) вони записані у вигляді транспонованого вектору \dot{U}_t і зворотної діагональної матриці \dot{U}_D^{-1} та коефіцієнтів розподілу струмів по гілках \hat{C}_{ki} . Знак $\hat{}$ означає, що матриця сполучена.

За допомогою розробленого алгоритму виконано автоматизований розрахунок оцінювання пропускної здатності ПЛ 110 кВ і 750 кВ з параметрами проводів АС 240/32 мм² і АС400/51 мм² відповідно.

Отримані значення (табл. 1 і 2) показали, що при незмінному струмовому навантаженні зі збільшенням температури проводу знижується передана потужність, а технологічні втрати активної потужності в лінії збільшуються.

Таблиця 1

Значення активної потужності ($P_{\text{розрах}}$) і технологічних втрат активної потужності ($\Delta P_{\text{розрах}}$) при робочому струмі $I = 375$ А з урахуванням температури проводу АС240/32 мм²

Параметри розрахунку	$t, ^\circ\text{C}$				
	-20	-10	0	10	20
$R_{\text{розрах}}, 10^{-3}$ Ом/км	97,71	102,78	107,85	112,93	118
$P_{\text{розрах}},$ МВт	16,59	15,75	15,05	14,34	13,64
$\Delta P_{\text{розрах}},$ МВт/км	0,41	0,43	0,45	0,47	0,49

Таблиця 2

Значення активної потужності ($P_{\text{розрах}}$) і технологічних втрат активної потужності ($\Delta P_{\text{розрах}}$) при робочому струмі $I = 595$ А з урахуванням температури проводу АС-400/51 мм²

Параметри розрахунку	$t, ^\circ\text{C}$				
	-20	-10	0	10	20
$R_{\text{розрах}}, 10^{-3}$ Ом/км	60	64	66	69	73
$P_{\text{розрах}},$ МВт	258,43	244,27	233,65	226,57	212,41
$\Delta P_{\text{розрах}},$ МВт/км	6,37	6,79	7,01	7,33	7,75

Для підтвердження теоретичних розрахунків амплітудно-фазовим методом вимірювання виконано експериментальні визначення впливу механічного зусилля і температури на параметри проводів. Даний метод базується на спільному визначенні магнітних і електричних параметрів проводу

й дозволяє одночасно визначити поздовжню магнітну проникність і поперечну питому електричну провідність [1, 6].

Експерименти проводилися на лабораторній установці кафедри "Інформаційно-вимірювальні технології і системи" Національного технічного університету "ХПІ" з використанням проводів АС 240/32 мм² і АС400/51 мм² довжиною 1 м. (рис. 1)



Рис. 1. Лабораторна установка для вимірювань впливу механічного зусилля в і температури на параметри проводів повітряних ліній

В ході експериментів виявлено, що прикладене механічне зусилля на провід, яке моделювало ожеледні відкладення, приводить не тільки до його подовження, в результаті чого збільшується стріла провисання, а й до ускладнення режиму роботи лі-

нії через зміну довжини проводу. Тому, що змінюються його параметри і, в першу чергу активний опір, який впливає на технологічні втрати активної потужності. Результати вимірювань автоматизовано перераховувалися на 1 км (табл. 3 і 4).

Значення активної потужності ($P_{вимір}$) і технологічних втрат активної потужності ($\Delta P_{вимір}$), а також відносна похибка вимірів (δR) при робочому струмі $I = 375$ А з урахуванням температури проводу АС 240/32 мм²

Параметри вимірювань	$t, ^\circ\text{C}$				
	-20	-10	0	10	20
$R_{вимір}, 10^{-3}$ Ом/км	99,2	106,7	110,6	111,5	116,1
$P_{вимір},$ МВт	16,3	15,6	15,41	14,91	13,92
$\Delta P_{вимір},$ МВт/км	0,42	0,45	0,46	0,47	0,49
$\delta R, \%$	1,48	3,72	2,53	1,3	0,84

Таблиця 3

Значення активної потужності ($P_{вимір}$) і технологічних втрат активної потужності ($\Delta P_{вимір}$), а також відносна похибка вимірів (δR) при робочому струмі $I = 595$ А з урахуванням температури проводу АС-400/51 мм²

Параметри вимірювань	$t, ^\circ\text{C}$				
	-20	-10	0	10	20
$R_{вимір}, 10^{-3}$ Ом/км	62	63	67	68	71
$P_{вимір},$ МВт	251,35	240,73	237,19	223,3	219,49
$\Delta P_{вимір},$ МВт/км	6,58	6,69	7,12	7,22	7,54
$\delta R, \%$	3,2	1,5	1,47	1,4	2,8

Таблиця 4

Результати, отримані експериментальним шляхом (табл. 3 і 4) відрізняються від розрахункових (табл. 1 і 2) і змінюються в залежності від зміни температури проводу.

Для проводу АС 240/32 по всьому діапазону зміни температури проводу виміряні втрати (табл. 3) більші за розраховані (табл. 1). Для проводу АС.400/51 при зменшенні температури проводу виміряні втрати (табл. 4) більші за розраховані (табл. 2), а при збільшенні температури проводу виміряні втрати (табл. 4) менші в порівнянні з розрахованими (табл. 2). З порівняння розрахованих і вимірних величин слідує, що вплив зміни метеорологічних умов на параметри ПЛ обумовлено і перерізом проводу: чим більше переріз проводу, тим він стійкіше до зміни температури і навпаки.

Достовірність результатів перевірялася розрахунком відносної похибки. Значення похибки складає менше 4 % (табл. 3, 4), що підтверджує достовірність отриманих результатів і доцільність враховувати під час проектування засобів контролю поточних технологічних параметрів ПЛ.

Висновок.

Представлені дослідження шляхом порівнянь значень активної потужності і її технологічних втрат, які отримано теоретичними розрахунками за допомогою розробленого алгоритму і експериментальними визначеннями на лабораторній установці, обґрунтовують доцільність враховувати під час проектування оснащення повітряних ліній засобами контролю поточних параметрів для керування в період експлуатації режимами роботи електричних мереж в реальному часі з метою збільшення активної потужності і зменшення технологічних втрат.

Список літератури

1. Arsalan Habib Khawaja, Qi Huang. Monitoring of Overhead Transmission Lines: A Review from the Perspective of Contactless Technologies. Sensing and Imaging. 2017. Vol. 18. 24 – 18 p.
2. Bondarenko V.E., Cherkashyna V.V., Chermisin N.M. Research on the process of controlling electric grids' operation modes in present conditions. East European Journal of Advanced Technologies. 2015. № 6/8(78). PP. 11 – 18.
3. European Smart Grids Technology Platform. Vision and Strategy for Europe's Electricity Networks of the Future. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2006. 44 p.
4. Shiguang Nie, Guangyu Qu, Haifeng Ye. On-line monitoring system for icing state of overhead transmission line. Power Engineering and Automation Conference (PEAM). 2012. P.1 – 5
5. Zhu J. Optimization of Power System Operation: Wiley-IEEE Press: Piscataway, NJ, USA, 2015 – 623 p
6. Горкунов Б.М., Львов С.Г., Горкунова И.Б., Шахин И.Х. Многопараметровый электромагнитный метод контроля цилиндрических токопроводов. Энергосбережение Энергетика Энергоаудит. 2013. Спец. вып. С. 140 – 144.
7. Закон України «Про ринок електричної енергії України» від 13 квітня 2017 року № 2019-VIII, <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2019-19/page>
8. Справочник по проектированию электрических сетей / под ред. Д.Л. Файбисовича. М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2009. 392с.

SUBSTANTIATION OF THE SIMPLIFIED METHOD OF EVALUATION OF FIRE RESISTANCE OF PROTECTED STEEL STRUCTURES

Dobrostan O.

*PhD, the Head of Scientific Testing Center
Ukrainian Civil Protection Research Institute*

Drizhd V.

*PhD, Vice Head of the Science of
Research and Production Enterprise "Spetsmaterialy"*

Shkarabura I.

*Postgraduate student, Chair of Fire Tactics and Emergency Rescue Works
Cherkasy Institute of Fire Safety named after Chernobyl Heroes of
National University of Civil Defence of Ukraine*

Maladyka I.

*PhD, Docent, The Head Faculty of Operational and Rescue Forces
Cherkasy Institute of Fire Safety named after Chernobyl Heroes of
National University of Civil Defence of Ukraine*

Abstract

For the assessment of fire resistance of protected steel structures, European methods are used, which are given in standards EN 13381-4: 2013 and EN 13381-8: 2013. The practical implementation of these methods requires considerable material costs, in particular, the need for the use of special fire furnaces with equipment for loading steel structure specimens and the creation of a large number of standardized specimens. Therefore, it is important to develop a simplified method, and why this research is dedicated. The substantiation of the test procedures, the parameters of the test specimens (their number, shape, cross-section coefficient, thickness of the fire protection system) and the critical values of the critical temperature of steel for a simplified method of evaluating the fire resistance of protected steel structures are given in the article. It is shown that it is expedient to use steel columns with a height of 2.0 m of the I-section of profile No. 20 according to DSTU 8768, which have the highest value of the cross-section coefficient. The critical temperature range of steel is set from 350 °C to 500 °C, for which the simplified method should calculate the minimum thickness of the fire protection system. The choice of such a range is justified by the acceptable difference between the results of the fire resistance rating of the protected steel structures, obtained taking into account and without taking into account the performance of the fire retardant system and (or) its ability to remain intact during fire exposure. The values of the minimum thickness of the coating layer (plaster) made of flame retardant material "Endotherm 210104", which provide normalized classes of fire resistance of steel structures obtained by a simplified method. It is shown that for steel structures with a cross-sectional ratio of significantly less than 294 m⁻¹ are presented, the values of the minimum thickness of the fire protection system will be substantially smaller (by tens of percent) than those obtained by the simplified method.

Keywords: fire resistance, critical steel temperature, fire rating, fire protection system, simplified method, steel structure, standard

1. Introduction

European standards EN 13381-4 [1] and EN 13381-8 [2] establish test methods for determining the effect of passive and reactive fire protection systems on the fire resistance of protected steel structures that can be used as beams or columns. These methods make it possible to determine values of the minimum thickness of the fire protection system for a wide range of cross section coefficient of steel profile and critical (design) steel temperature, under which the normalized fire resistance classes of these steel structures are provided. However, the practical implementation of these methods requires significant material costs associated, in particular, with the need to use special furnaces with equipment for loading specimens of steel structures and to create a large number of standardized specimens (steel columns and beams lined with flame retardant materials). more than 200 thermocouples should be installed.

When assessing the fire resistance of steel structures at the stage of designing a fire protection system, as well as the operation of buildings, the use of such European methods is not always acceptable. At

this stage, it is advisable to apply a method that requires significantly less material costs than the above methods and provides acceptable reliability of the results of the evaluation of the fire resistance of steel structures. Considering this, it is important to consider the research aimed at further improvement and development of methods of assessment of fire resistance of steel structures, in particular, to the development of a simplified method, acceptable for structures with passive and reactive fire protection systems.

2. Literature Data Analysis and Problem Statement

When tested by European methods [1, 2], a certain number of steel structures of the I-profile (I or H) and (or) voids protected by the fire protection system are subjected to fire exposure under the standard temperature regime. Short unloaded columns and beams (1.0 m in size) and loaded columns (3.0 m high) and beams (4.0 m long), and an extra high column (2.0 m in size) are applied for reactive fire protection systems. The number of steel structures to be tested and their parameters depend on the scope of evaluation. In particular, when evaluating the fire resistance of steel

structures with reactive fire protection systems, the number of these samples can be from 15 to 43. During the tests, the temperature values of the steel structure samples for different duration of fire exposure according to the standard temperature regime are measured. The results of comparing the values of the temperature on the loaded and unloaded samples determine the correction factor. This factor determines the difference in the ability of the fire retardant system to clutch and (or) the ability to remain intact during fire exposure when applied to laden and unladen steel structures. Using this coefficient, experimental data on the temperature of short structures is corrected. According to these corrected data, one of the estimation methods given in the above European standards determines the values of the minimum thickness of the fire protection system at which the temperature of the steel structures does not exceed the value of the critical temperature of the steel for the normalized duration of the fire action (fire resistance class).

Studies of the limits of application and accuracy of these methods of assessment, carried out using the method of computational experiment, found that all these methods allow to determine the values of the minimum thickness of the fire protection system, which provide normalized classes of fire resistance of steel structures [3]. At the same time, these thickness values are significantly overestimated relative to the true (exact) values determined by the method of computational experiment, in the case of their calculation by the method of numerical regression. The standard deviation of the calculated values from the exact thickness values for the numerical regression method reaches 190%. For the other two estimation methods given in the European standards [1, 2], which are based on the solution of the non-stationary thermal conductivity equation, this standard deviation does not exceed 43 %.

In [4, 5], the results of studies of the convergence of data on the minimum thickness of the fire protection system obtained by different methods of estimation are presented. In addition to the assessment methods given in European Standards [1, 2], these studies used a method based on the solution of the inverse heat conduction problem, which is implemented in the national standard of Ukraine DSTU B B.1.1-17 [6]. Experimental data on the temperature of specimens of steel structures obtained with the use of passive and reactive fire protection systems were used in the studies. The results of these studies show that the greatest deviations in the thickness of the flame retardant occur when comparing the calculated data obtained by the numerical regression method with the values determined by the method based on the solution of the inverse heat conduction problem. The standard deviation of this data reaches 94%. At the same time, for the estimation methods based on the solution of the non-stationary thermal conductivity equation [1, 2], the standard deviation does not exceed 80%. The values of this deviation for the reactive flame retardant system are much greater (two or more times) than for the passive flame retardant system used in the studies.

The standard deviation of this data reaches 94%.

At the same time, for the estimation methods based on the solution of the non-stationary thermal conductivity equation [1, 2], the standard deviation does not exceed 80%. The values of this deviation for the reactive flame retardant system are much greater (two or more times) than for the passive flame retardant system used in the studies. In some methods, such as [7-9], such a procedure is not used, tests are carried out without mechanical loading of the samples and without taking into account the ability of the fire retardant system to clutch and (or) its ability to remain intact during fire exposure.

In works [10, 11], the data on the difference between the results of fire resistance assessment of protected steel structures, obtained by the methods [1, 2, 6], taking into account the indicators of the ability of the fire protection system to grip and (or) its ability to remain intact during fire exposure and without taking them into account. It is shown that the difference between the values of the minimum thickness of the fire protection system, determined taking into account and without taking into account these indicators, depends on the value of the cross section coefficient of the steel profile, the critical temperature of the steel and the normalized limit of fire resistance of the steel structure. The dependence of this difference on the cross section coefficient of the steel profile for the passive and reactive flame retardant system investigated is largely monotonic. The difference for most of these dependencies decreases significantly with the increase of the cross section coefficient of the steel profile. The maximum value of this difference for the passive and reactive fire protection systems is 38.7% and 28.0%, respectively. The average difference value for a reactive flame retardant system is insignificantly dependent on the critical temperature of the steel and has a maximum value of 5.5%. For a passive fire protection system with an increase in the critical temperature of the steel, the mean difference increases monotonically and reaches 18.8% at 750 ° C.

In addition to the above test methods [1, 2, 6], in which specimens of steel structures of the I-profile (I or H) and (or) rectangular profile are subjected to heat, methods are used in which samples having a different shape and size are used. [7, 12–15]. In the method [7], square steel plates with a side of 500 mm with a thickness of 5 mm are used. In the method of [12, 13], in addition to these steel plates, 10 mm thick plates are used. In the methods [14, 15], in addition to steel plates with a side of 500 mm and a thickness of 5 mm, square steel plates with a side of 200 mm and a thickness of 5 mm are used. According to the results of studies reported in [16, 17], it is found that the values of the minimum thickness of the reactive fire protection system obtained from the test data of the samples in the form of a plate, are preferably larger than when using samples from the I-T profile. For the passive fire protection system, on the contrary, mostly larger values have the minimum thickness data obtained using two-T-shaped specimens. The difference between the minimum thickness values of the reactive flame retardant system obtained on samples of various shapes reaches 79.0%, and for the passive flame retardant

system - 62.5%. The results of these studies conclude that it is not possible to use plate-shaped specimens to evaluate the fire resistance of protected steel structures of the I-profile for all ranges of the cross-section coefficient of the steel profile and the critical temperature of steel given in [1, 2, 6].

The following conclusions can be drawn from the analysis of methods for evaluating the fire resistance of protected steel structures. The application of European methods [1, 2] requires considerable costs, in particular the cost of designing steel structures and preparing them for testing. These costs can be reduced by reducing the number of test specimens, including by removing specimens of loaded beams and columns. However, to substantiate the possibility of using a method with a reduced number of samples to evaluate the fire resistance of protected steel structures, the results reported in [10, 11] are not enough. Therefore, there is reason to believe that the lack of certainty of the influence of the number of samples for testing and their other parameters on the results of the evaluation of the fire resistance of protected steel structures necessitates research in this direction.

2. The purpose and objectives of the study

The purpose of the study is to substantiate the test procedures, the parameters of the test specimens (their number, shape, cross-section coefficient, thickness of the fire protection system) and the critical steel temperature limits for a simplified method for evaluating the fire resistance of protected steel structures.

To achieve this, the following tasks have been set:

- to determine the components and procedures of a simplified method for evaluating the fire resistance of protected steel structures using a reduced number of samples (relative to European methods [1, 2]) and not using loaded samples for testing;
- determine the coefficient of cross-sectional samples for testing, and other options, as well as the limit values of the critical temperature of steel in which an acceptable convergence assessment results of fire resistance obtained with and without taking into account the performance ability of the system of fire protection to grip and (or) its ability to remain intact during the fire exposure is achieved;
- to conduct fire resistance assessment of protected steel structures using simplified method (with reduced number of samples and without application of loaded samples).

3. Research Methods and Results and Their Discussion

Analytical and experimental methods have been applied to solve these tasks. Determination of the components and procedures of the simplified method of assessment of fire resistance of protected steel structures was performed on the basis of provisions of European

standards [1, 2] and national standards of Ukraine [7–9, 18]. The proposed simplified method has two components - experimental and design ones. In the experimental part, the temperature measurements of steel structures samples under fire conditions according to the standard temperature regime are carried out. In the calculation part, according to the obtained experimental data on the temperature of these samples, the values of the minimum thickness of the fire protection system, which provide the normalized classes of fire resistance of steel structures are determined.

In the experimental part, procedures for the manufacture of specimens for testing, the installation of thermocouples on them, the installation and mounting of specimens in the furnace, the measurement of temperature in the furnace and the specimens are used. For the production of samples steel columns with a height of 2.0 m I-section of profile No. 20 according to DSTU 8768 [19] are used. The use of specimens in the form of a plate is impractical because of the significant errors in the results of evaluating the fire resistance of protected steel structures from the I-profile [16, 17]. The choice of such a height of the specimens is justified by the provisions given in DSTU B V.1.1-14 [9] i EN 13381-8 [2]. According to 7.1.2 DSTU B.V.1.1-14 [9] the height of the sample to be tested without loading must be not less than 1,0 m. According to 6.2.4 i 6.2.5 EN 13381-8 [2] unloaded short and tall columns should have a height of 1.0 m and 2.0 m, respectively. The choice of profile № 20 is justified as follows. According to the results of studies presented in [10, 11], it is found that the difference between the values of the minimum thickness of the fire protection system, determined taking into account and without taking into account the indicators of its ability to grip and (or) the ability to remain intact during fire exposure, significantly decreases with increasing the cross section coefficient of the steel profile A_m/V , the value of which is determined by the ratio of the surface area A_m , that is affected, and the amount of steel V . In particular, in Fig. 1 dependencies of this difference are given $\delta_{d,mod}$ from the combined thickness of the steel profile V/A_m , which is the inverse of the cross-section coefficient and the critical temperature of the steel θ_{cr} , defined for the passive fire protection system [11]. From this figure it follows that the difference $\delta_{d,mod}$ has much smaller values for the small magnitude of the reduced thickness V/A_m than for the large size of this thickness. Therefore, the steel structure of the I-section of profile No. 20, which has the least value of the reduced thickness, which is $V/A_m = 3,4$ mm, and the largest value of the cross-section coefficient $A_m/V = 294$ m⁻¹ than other structures commonly used in construction are used in test specimens.

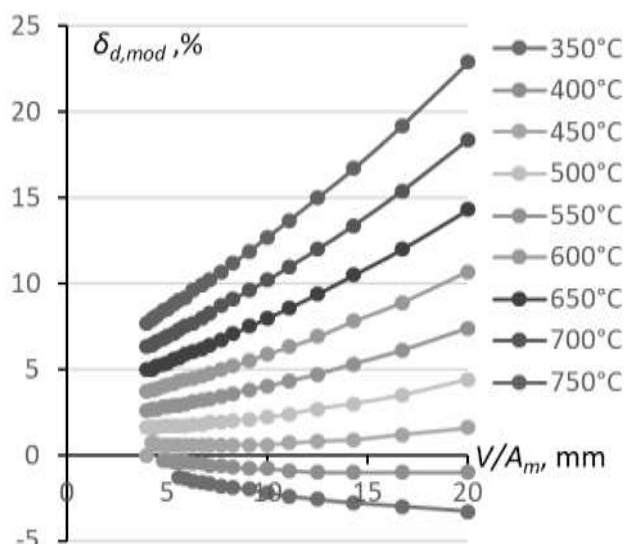


Figure 1 Dependences of the difference $\delta_{d,mod}$ on the combined thickness of the steel profile V/A_m and the critical temperature of the steel θ_{cr} , defined for the passive fire protection system and the normalized limit of fire resistance 240 min [11]

The set of samples for testing by the simplified method contains four columns of the I-section of profile № 20. Two samples use a system of fire protection that has a minimum thickness, and in other samples - a system of fire protection that has the maximum thickness. The use of identical samples is conditioned by the requirement 7.1.4 DSTU B V.1.1-14 [9].

To measure the temperature of the samples on the metal surface of each sample set three thermocouples. They are located in the middle of the height of the column in the center of the wall and the centers of the inner surfaces of the shelves. Such number and location of thermocouples correspond 8.1.2 DSTU B V.1.1-14 [9]. The temperature measurements are carried out until all critical steel temperatures are reached.

In the calculation part of the simplified method, the obtained experimental data on the average temperature of these samples determine the thickness of the fire protection system, which provides normalized classes of fire resistance of steel structures. The following procedures are applied.

According to the formula (1) [18] the values of the duration of fire exposure (hereinafter - the time t_{cr}) are determined according to the standard temperature regime, by which the critical temperature of steel is achieved on the samples.

$$t_{cr} = t_{mes} - \Delta t, \tag{1}$$

where t_{cr} – time to reach critical steel temperature, min;

t_{mes} – the minimum value of the time interval from the start of the test to the critical temperature of the steel, as determined by the average sample temperature, min;

Δt – error, min.

The error value is determined by the formula [18]:

$$\Delta t = (0,015t_{mes} + 3)(A_s - A_f)/(A_s - A_{min}), \tag{2}$$

where A_s, A_{min} - integral values (areas under curves) of standard temperature and minimum allowable temperature in the furnace, according to [18], ° C. min;

A_f - the integral value (the area under the curve) average temperature in the furnace during the test, ° C. min.

If $A_f > A_s$, then it is considered, that $\Delta t = 0$.

Approximation of the data on the time $t_{cr, is}$, is conducted by applying the numerical linear regression equation (3), which establishes the relationship between the time to reach the critical steel temperature and the thickness of the fire protection system, and determine the values of the four constants $a_0 - a_3$ of this equation.

$$t_{cr} = a_0 + a_1 d_p + a_2 \theta_{cr} + a_3 d_p \theta_{cr}, \tag{3}$$

where d_p – thickness of the fire protection system, mm;

θ_{cr} – critical temperature of steel, mm;

a_0, a_1, a_2, a_3 – constants (regression coefficients).

The acceptability of the obtained values of the constants $a_0 - a_3$ is determined by the following procedure. By equation (3), using the obtained values of constants $a_0 - a_3$, the estimated time values $t_{cr,cul}$ are determined and compared with the time (1). The values of the regression coefficients are considered acceptable by the following criteria:

- for each sample the estimated time $t_{cr,cul}$ should not exceed more than 30 % of experimental time t_{cr} ;

- the average value of the difference between the calculated time $t_{cr,cul}$ and the experimental time t_{cr} for each sample should be less than zero;

- a maximum of 20% of all values of the difference between the estimated time $t_{cr,cul}$ and experimental time t_{cr} should be greater than zero.

If the above eligibility criteria are not met, then modification of regression coefficients (value adjustments $a_0 - a_3$) is conducted. To do this, a linear modification factor (less than 1.0) is determined, which, when applied to all regression constants, leads to the fact that the estimated time $t_{cr,cul}$ satisfies the eligibility criteria. According to this procedure, which corresponds to G.3.1 of DSTU B V.1.1-17 [6], we

determine the modified regression coefficients, which are used in further calculations.

By the formula (4) the values of the minimum thickness of the fire protection system are determined, which provide normalized classes of fire resistance of steel structures having a cross-sectional ratio of not more than the test specimens.

$$d_p = \frac{t_{fi,requ} - a_0 - a_2\theta_{cr}}{a_1 + a_3\theta_{cr}}, \quad (4)$$

where $t_{fi,requ}$ – limit of fire resistance, which corresponds to the normalized fire resistance class of steel structure, min.

Calculations of the minimum thickness of the fire protection system are carried out for the critical steel temperature range from 350 °C to 500 °C. The choice of this range was made based on the analysis of the data on the difference $\delta_{d,mod}$ between the results of the fire

resistance assessment of the protected steel structures, obtained taking into account and without taking into account the indicators of the ability of the fire protection system to grip and (or) its ability to remain intact during fire action. [10, 11]. According to the results of this analysis, it is established that in the range of critical temperature of steel from 350 °C до 500 °C the difference $\delta_{d,mod}$ has insignificant values, which, in particular, for the passive fire protection system do not exceed 10 % (fig. 2 [11]). In addition, the critical temperature of steel, which is 500 °C, is used in national standards DSTU B B.1.1-4 [18], DSTU B B.1.1-13 [8], DSTU B B.1.1-14 [9] for evaluation of fire resistance of protected steel structures, which is carried out using only unloaded test specimens. The lower limit value of the critical steel temperature range of 350 °C corresponds to the value given in European and national standards [1, 2, 6, 20, 21].

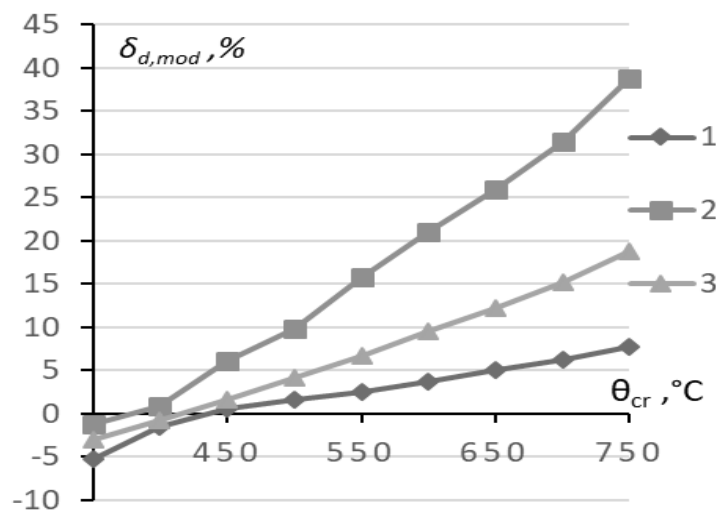


Figure 2 Dependencies of the minimum value $\delta_{d,mod,min}$ (1), of maximum value $\delta_{d,mod,max}$ (2) and average value $\delta_{d,mod,avg}$ (3) the difference $\delta_{d,mod}$ from the critical temperature of the steel, obtained for the passive fire protection system [11]

Determination of the minimum thickness of the fire protection system according to the formula (4) is carried out for the critical temperature of steel 350 °C, 400 °C, 450 °C, 500 °C. If the purpose of the evaluation is to determine the minimum thickness of the flame retardant system only for the specific value of the critical steel temperature, e.g., 500 °C [8, 9, 18] or estimated value set according to Eurocode 3 [20, 21], then instead of equation (3) we use an equation in which there are no components $a_2\theta_{cr}$, $a_3d_p\theta_{cr}$, and instead of formula (4), a formula without components $a_2\theta_{cr}$, $a_3\theta_{cr}$. The results of the assessment are applicable to fire protection systems throughout the thickness range of the fire retardant material tested (from minimum to maximum thickness values on test specimens).

According to the simplified method discussed above, the fire resistance of steel structures of an I-

profile with a profiled passive flame retardant system was used, in which a fire-retardant plaster of "Endotherm 210104" fire-retardant material was used [22]. The purpose of this evaluation was to determine the minimum thickness values of the specified flame retardant material for which normalized fire resistance classes of steel structures are provided for a critical steel temperature of 500 °C.

The surface of the test specimens (four steel columns with a height of 2.0 m of the I-section of profile No. 20) was pre-applied with a thickness of 0.05 mm. The thickness of the coating layer (in the dry state) of flame retardant material "Endotherm 210104" [22] was: 28.20 mm for sample No. 1, 28.08 mm for sample No. 2, 39.25 mm for sample No. 3, 38.35 mm for sample No. 4. The experimental data on the average temperature of these samples are shown in Fig. 3.

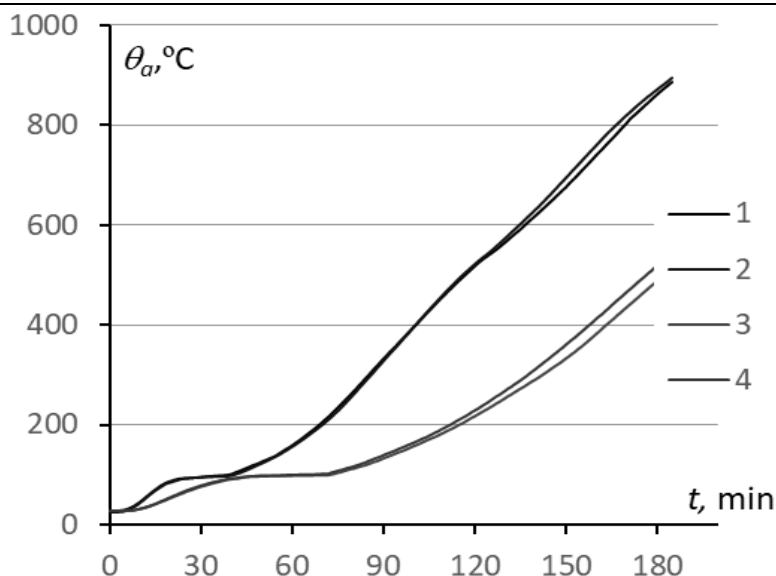


Figure 3 – Dependences of the average temperature of the samples on the duration of fire exposure according to the standard temperature regime

The results of the approximation of the time data t_{cr} and the modification of the regression coefficients a_0, a_1 , an equation was determined (5), which establishes the relationship between the time of reaching the critical temperature of steel, which is 500 °C, and the thickness of the coating layer of flame retardant material "Endotherm 210104".

$$t_{cr} = -47,628 + 5,868d_p, \quad (5)$$

where d_p – thickness of the coating layer of flame retardant material, mm;

The results of determining the values of the minimum thickness of the coating layer of flame retardant material "Endotherm 210104", which provide the normalized classes of fire resistance of steel structures obtained using equation (5), are given in table 1. The data in this table applies to columns and beams, having a cross-sectional ratio of no more than 294 m^{-1} .

Table 1

Values of the minimum thickness of the coating layer of flame retardant material "Endotherm 210104", which provide the normalized classes of fire resistance of steel structures

Fire resistance class of steel structures	The minimum thickness of the coating layer d_p , mm
R 120	28,56
R 150	33,68
R 180	38,79

Table 2 shows the minimum thickness of the box-like fire protection system using endotherm 210104 fire-retardant flame retardants [22], defined for the R 120, R 150, R 180 fire resistance classes and the critical

steel temperature of 500 ° C. These data were obtained by the European method by testing ten short columns and four I-beam beams using numerical regression analysis [1].

Table 2

Data on the minimum thickness of the box-shaped fire protection system using endotherm 210104 flame retardant material

Fire resistance class of steel structures	R 120	R 50	R 180
The cross-section coefficient $A_m/V, \text{ m}^{-1}$	Minimum thickness of flame retardant $d_p, \text{ mm}$		
50	18,1	22,8	27,4
60	20,8	25,9	31,1
70	23,0	28,6	34,2
80	25,0	30,9	36,9
90	26,7	33,0	39,2
100	28,2	34,7	41,3
110	29,5	36,3	43,1
120	30,7	37,8	44,8
130	31,8	39,0	46,3
140	32,8	40,2	47,6
150	33,7	41,3	48,8
160	34,5	42,2	49,9
170	35,2	43,1	51,0
180	35,9	43,9	51,9
190	36,5	44,6	52,8
200	37,1	45,3	53,6
210	37,6	46,0	54,3
220	38,1	46,6	55,0
230	38,6	47,1	55,7
240	39,1	47,7	56,3
250	39,5	48,1	56,8

Although comparisons of the data in Tables 1, 2 are not entirely acceptable due to the difference in properties (in particular in density) of the flame retardant made from Endotherm 210104 [22] and the flame retardant of the same material, they can be used for such analysis. From table 2 it follows that for the box system, the values of the minimum thickness of fire protection significantly depend on the cross-section coefficient. As it rises from 50 m^{-1} to 250 m^{-1} the minimum thickness of the fire protection increases 2.2 times. From this it can be assumed that the values of the minimum thickness of the coating layer (plaster) of the flame retardant material for cross-section coefficients significantly less than 294 m^{-1} will be significantly smaller (by tens of percent) than those given in Table 1. It means that tests using the simplified method result in obtaining data on the minimum thickness of the fire protection system, which can be inflated by several tens of percent relative to the values obtained by European methods [1, 2]. Such a difference between the results of the tests obtained by the simplified method and the European methods can be considered permissible for determining the data on fire resistance at the stage of development of fire protection systems, as well as the operation of buildings.

However, it should be noted that the study was subjected only to a passive fire protection system using material "Endotherm 210104" [22]. For fire retardant materials of other trademarks, it is possible to exclude the possibility of obtaining results different from those given. Such uncertainty imposes restrictions on the use of the results obtained, which may be interpreted as disadvantages of this study. The inability to remove these limitations in the framework of this study justifies the direction of further research, which, in particular,

can be aimed at assessing the convergence between the values of the minimum thickness of the fire protection system, which provide normalized fire resistance classes of steel structures obtained by the simplified method and European methods [1, 2].

6. Conclusions

A simplified method for evaluating the fire resistance of protected steel structures has been developed, which uses four unloaded steel columns for testing, which is much less than required by European methods [1, 2]. The components and procedures of this simplified method are defined. The values of the sample cross-section coefficient for the tests and their other parameters are substantiated. It is shown that it is advisable to use steel columns with a height of 2.0 m of double-section section of profile No. 20 according to DSTU 8768 [19], which have the highest value of the cross-section coefficient.

The critical temperature range of steel is set from $350 \text{ }^\circ\text{C}$ to $500 \text{ }^\circ\text{C}$, for which the simplified method should calculate the minimum thickness of the fire protection system. The choice of such a range is justified by the acceptable difference between the results of the fire resistance rating of the protected steel structures, obtained taking into account and without taking into account the performance of the fire retardant system and (or) its ability to remain intact during fire exposure.

The minimum thickness of the coating layer (plaster) of the flame retardant material "Endotherm 210104" was established [22], under which the normalized fire resistance classes of steel structures obtained by the simplified method are provided. It is shown that for steel structures with a cross-sectional ratio of significantly less than 294 m^{-1} , the values of the

minimum thickness of the fire protection system will be substantially smaller (by tens of percent) than those obtained by the simplified method.

References

1. EN 13381-4:2013. Test methods for determining the contribution to the fire resistance of structural members – Part 4: Applied passive protection to steel members. EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. Management Centre: Avenue Marnix 17, B-1000 Brussels. 2013 CEN. 83 p.
2. EN 13381-8:2013. Test methods for determining the contribution to the fire resistance of structural members – Part 8: Applied reactive protection to steel members. EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. Management Centre: Avenue Marnix 17, B-1000 Brussels. 2013 CEN. 80 p.
3. Grigoryan N.B., Krukovskiy P.G., Novak S.V. Determination of boundaries of the applicability and accuracy of the standardized assessment methods for fire protection ability of coatings to carrying metal structures. *Naukovyi visnyk UkrNDIPB*. 2014. № 1 (29). S. 50–59.
4. Novak S.V., Krukovskiy P.G., Grigoryan N.B. Evaluation of the fireproof ability of vermiculite-cement board «Endotherms 210104» obtained by standardized methods. *Naukovyi visnyk: Tsyvilnyi zakhyst ta pozhezhna bezpeka*. 2017. № 1 (3). S. 11–19.
5. Novak S.V., Krukovskiy P.G., Grigoryan N.B., Grigoryan B.B. Evaluation of the fireproof ability of intumescent coating for load-bearing steel constructions by standardized methods. *Naukovyi visnyk: Tsyvilnyi zakhyst ta pozhezhna bezpeka*. 2018. № 1 (5). S. 67–73.
6. DSTU B V.1.1-17:2007. Fire protection. Fire protection for steel members. Definition method of fire protection ability (ENV 13381-4:2002, NEQ). Kyiv: Minrehionbud Ukrainy, 2007. 66 s.
7. DSTU-N-P B V.1.1-29:2010. Fire protection. Fire retardant treatment of building constructions. General requirements and methods of controlling. Kyiv: Minrehionbud Ukrainy, 2011. 9 s.
8. DSTU B V.1.1-13:2007. Fire protection. Beams. Fire resistance test method (EN 1365-3:1999, NEQ). Kyiv: Minrehionbud Ukrainy, 2007. 7 s.
9. DSTU B V.1.1-14:2007. Fire protection. Columns. Fire resistance test method (EN 1365-4:1999, NEQ). Kyiv: Minrehionbud Ukrainy, 2007. 9 c.
10. Dobrostan O.V., Drizhd V.L., Shkarabura I.M., Maladyka I.G. Influence of performance indicators of flame retardant materials on adhesion on the results of assessing their flame retardant capacity. Emergencies: security and protection: proceedings of the IX All-Ukrainian Scientific and Practical Conference with International Participation, Cherkasy, 24-25 oct. 2019 p. APB them. Chernobyl Heroes. Cherkasy, 2019. S. 50–52.
11. Dobrostan O.V., Drizhd V.L., Shkarabura I.M., Maladyka I.G. Influence of performance indicators of adhesion of flame retardant materials of different types on the results of evaluation of fire resistance of steel structures. Collection of scientific works of the Ukrainian Institute of Steel Structures named after V.M. Shimanovsky. 2019. № 23. S. 41–58.
12. Novak S.V. Parameters reasoning of samples for experimental determination of the temperature of the steel plates that are fire-retardant coating in conditions of fire exposure under standard temperature fire regime. *Naukovyi visnyk: Tsyvilnyi zakhyst ta pozhezhna bezpeka*. 2016. № 2 (2). S. 18–24.
13. Novak S.V., Dobrostan O.V., Dolishnii Y.V., Ratushnyi O.V. Evaluation of convergence the results of experimental determination of duration of fire influence to achieve the critical temperature of steel. *Naukovyi visnyk: Tsyvilnyi zakhyst ta pozhezhna bezpeka*. 2017. № 2 (4). S. 67–72.
14. ETAG № 018-2:2013. Guide for the European technical approval of fire protective products – Part 2: Reactive coatings for fire protection of steel elements. URL: http://database.itc.cnr.it/itc_upload/aedilitia/.../AED_000246.pdf.
15. ETAG № 018-3:2013. Guide for the European technical approval of fire protective products – Part 3: Renderings and rendering kits intended for fire resisting applications. URL: <http://www.itb.pl/g/f/NDY1>.
16. Novak S.V., Drizhd V.L., Dobrostan O.V. Comparative analysis of experimental data on the duration of fire exposure until the critical temperature of steel obtained for standardized samples and samples of reduced sizes with fireproof materials «Endoterm 400202» and «Endoterm 210104». *Naukovyi visnyk: Tsyvilnyi zakhyst ta pozhezhna bezpeka*. 2018. № 2 (6). S. 18–27.
17. Novak S., Drizhd V., Dobrostan O., Maladyka L. Influence of testing samples' parameters on the results of evaluating the fireprotective capability of materials. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2019. Vol. 2/10 (98). P. 35–43. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.164743>.
18. DSTU B V.1.1-4-98*. Fire protection. Building constructions. Fire resistance test methods. General requirements. Kyiv: Gosbud Ukrainy, 2005. 19s.
19. DSTU 8768:2018. I-wheels are hot-rolled steel. Assortment. Kyiv: DP «UkrNDNTS», 2018. 9 s.
20. DSTU-N B EN 1993-1-2:2010. Eurocode 3: Design of steel structures part 1-2. General rules. Structural fire design (EN 1993-1-2:2005, IDT). Kyiv: Minrehionbud Ukrainy, 2012. 98 s.
21. DSTU-N B V.2.6-211:2016. Design of steel structures. Structural fire design. Kyiv: Minrehion Ukrainy, 2016. 111 s.
22. TU U 24.3-13481691-007-2003 Sumish dlia pokryttia «Endoterm 210104». *Tekhnichni umovy. Donetskyi tsentr standartyzatsii, metrolohii ta sertyfikatsii*. 2003. 25 s.

No 43 (2020)

P.2
The scientific heritage

(Budapest, Hungary)

The journal is registered and published in Hungary.
The journal publishes scientific studies, reports and reports about achievements in different scientific fields. Journal is published in English, Hungarian, Polish, Russian, Ukrainian, German and French.
Articles are accepted each month. Frequency: 12 issues per year.

Format - A4
ISSN 9215 — 0365

All articles are reviewed
Free access to the electronic version of journal

Edition of journal does not carry responsibility for the materials published in a journal. Sending the article to the editorial the author confirms it's uniqueness and takes full responsibility for possible consequences for breaking copyright laws

Chief editor: Biro Krisztian
Managing editor: Khavash Bernat

- Gridchina Olga - Ph.D., Head of the Department of Industrial Management and Logistics (Moscow, Russian Federation)
- Singula Aleksandra - Professor, Department of Organization and Management at the University of Zagreb (Zagreb, Croatia)
- Bogdanov Dmitrij - Ph.D., candidate of pedagogical sciences, managing the laboratory (Kiev, Ukraine)
- Chukurov Valeriy - Doctor of Biological Sciences, Head of the Department of Biochemistry of the Faculty of Physics, Mathematics and Natural Sciences (Minsk, Republic of Belarus)
- Torok Dezso - Doctor of Chemistry, professor, Head of the Department of Organic Chemistry (Budapest, Hungary)
- Filipiak Pawel - doctor of political sciences, pro-rector on a management by a property complex and to the public relations (Gdansk, Poland)
- Flater Karl - Doctor of legal sciences, managing the department of theory and history of the state and legal (Koln, Germany)
- Yakushev Vasilij - Candidate of engineering sciences, associate professor of department of higher mathematics (Moscow, Russian Federation)
- Bence Orban - Doctor of sociological sciences, professor of department of philosophy of religion and religious studies (Miskolc, Hungary)
- Feld Ella - Doctor of historical sciences, managing the department of historical informatics, scientific leader of Center of economic history historical faculty (Dresden, Germany)
- Owczarek Zbigniew - Doctor of philological sciences (Warsaw, Poland)
- Shashkov Oleg - Candidate of economic sciences, associate professor of department (St. Petersburg, Russian Federation)

«The scientific heritage»
Editorial board address: Budapest, Kossuth Lajos utca 84,1204
E-mail: public@tsh-journal.com
Web: www.tsh-journal.com