



NORWEGIAN JOURNAL OF DEVELOPMENT OF THE INTERNATIONAL SCIENCE

№42/2020

Norwegian Journal of development of the International Science

ISSN 3453-9875

VOL.1

It was established in November 2016 with support from the Norwegian Academy of Science.

DESCRIPTION

The Scientific journal “Norwegian Journal of development of the International Science” is issued 12 times a year and is a scientific publication on topical problems of science.

Editor in chief – Karin Kristiansen (University of Oslo, Norway)

The assistant of the editor in chief – Olof Hansen

- James Smith (University of Birmingham, UK)
 - Kristian Nilsen (University Centre in Svalbard, Norway)
 - Arne Jensen (Norwegian University of Science and Technology, Norway)
 - Sander Svein (University of Tromsø, Norway)
 - Lena Meyer (University of Gothenburg, Sweden)
 - Hans Rasmussen (University of Southern Denmark, Denmark)
 - Chantal Girard (ESC Rennes School of Business, France)
 - Ann Claes (University of Groningen, Netherlands)
 - Ingrid Karlsen (University of Oslo, Norway)
 - Terje Gruterson (Norwegian Institute of Public Health, Norway)
 - Sander Langfjord (University Hospital, Norway)
 - Fredrik Mardosas (Oslo and Akershus University College, Norway)
 - Emil Berger (Ministry of Agriculture and Food, Norway)
 - Sofie Olsen (BioFokus, Norway)
 - Rolf Ulrich Becker (University of Duisburg-Essen, Germany)
 - Lutz Jäncke (University of Zürich, Switzerland)
 - Elizabeth Davies (University of Glasgow, UK)
 - Chan Jiang (Peking University, China)
- and other independent experts

1000 copies

Norwegian Journal of development of the International Science

Iduns gate 4A, 0178, Oslo, Norway

email: publish@njd-iscience.com

site: <http://www.njd-iscience.com>

CONTENT

AGRICULTURAL SCIENCES

Okrushko S.

INFLUENCE OF WEED CONTROL ON YIELD SOWING
PEAS 3

Tomchuk V.

PRACTICAL ASPECTS OF GROWING VEGETABLES AND
POTATOES USING STRIP-TILL TECHNOLOGY 8

Yakovets L.

ENVIRONMENTAL ASSESSMENT OF SOIL POLLUTION
AND AGRICULTURAL PRODUCTS FOR THE CONTENT
OF RADIONUCLIDES.....18

ARCHITECTURE

Diachok O.

SEARCH OF NATIONAL STYLE IN WESTERN UKRAINE'S
SACRAL ARCHITECTURE IN THE POST-SOVIET
PERIOD 23

PHYSICAL SCIENCES

Antonov A.

HOW TO DISCOVER INVISIBLE UNIVERSES..... 28

Gladyshev G.

LIVING UNIVERSE 38

TECHNICAL SCIENCES

Agamaliyev M.,

Ahmadova D., Mamedbekova R.

INVESTIGATION OF EFFICIENCY OF ABSORPTION HEAT
PUMP INTEGRATION INTO SEAWATER THERMAL
DESALINATION SYSTEM 44

Plemyannikov M., Zhdaniuk N.

STUDY OF THE POSSIBILITY OF RECYCLING WASTE OF
METALLURGICAL PRODUCTS FOR RECEIPT OF GLASS
CRYSTAL 51

Lebed I., Tkachenko V.

DEVELOPMENT OF A ROADMAP OF
COMMUNICATIONS MANAGEMENT IN EDUCATIONAL
PROJECTS 59

Meleshko M., Loboda S., Rakitsky V.

APPLICATION OF THE SHAUDER BASIC FUNCTION
SYSTEM FOR THE PRESENTATION AND
CONCENTRATION OF INFORMATION..... 62

Pogonin V., Tretyakov A.

TASKS FOR OPTIMIZING THE TRAJECTORY OF THE
ROBOT ARM IN CHEMICAL PRODUCTION BASED ON
SOFT COMPUTING.....68

Krasnov A., Prakhova M.

EFFECT OF ANTI-TURBULENCE ADDITIVES ON THE
OPERATION OF FLOWMETERS 72

**Sobol A., Kurdupova E., Kornienko I.,
Chundyshko R., Andreeva A.**

NEEDS OF DEVELOPING PROTECTION OF
ASYNCHRONOUS GENERATORS OF SMALL HYDRO
POWER PLANTS 76

AGRICULTURAL SCIENCES

INFLUENCE OF WEED CONTROL ON YIELD SOWING PEAS

Okrushko S.

*Candidate of Agricultural Sciences,
Associate Professor of botany, genetics and plant protection department,
Vinnytsia National Agrarian University*

ВПЛИВ КОНТРОЛЮ ЗАБУР'ЯНЕННЯ НА УРОЖАЙНІСТЬ ГОРОХУ ПОСІВНОГО

Окрушко С.Є.

*Кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри ботаніки, генетики та захисту рослин,
Вінницький національний аграрний університет*

Abstract

The article contains the results of studies of the influence of agrotechnical and chemical measures to control the level of weeds in agrophytocenoses of peas.

It was determined that sequential treatment with soil preparation Dual Gold (0,8 l/ha) and insurance preparation MaxiMox (0,5 l/ha) provided quality control of weeds in pea crops. Weed control accounted for 93,5% of the natural weed background and reduced the above-ground air-dry mass by 88,5%. It has been statistically proven that the protection of crops from the harmful effects of weeds by spraying Dual Gold (0,8 l/ha) and MaxiMox (0,5 l/ha) provides a pea yield of 3,4 t/ha.

Анотація

В статті містяться результати досліджень впливу агротехнічного та хімічного заходів регулювання рівня присутності бур'янів в агрофітоценозах гороху посівного. Було визначено, що послідовна обробка ґрунтовим препаратом Дуал Голд (0,8 л/га) та страховим препаратом МаксіМокс (0,5 л/га) забезпечила якісний контроль над бур'янами в посівах гороху. Знищення бур'янів становило 93,5% від природного фону забур'янення і зменшення їх надземної повітряно-сухої маси - 88,5%. Статистично доведено, що захист посівів від шкідливого впливу бур'янів шляхом проведення обприскування Дуал Голд (0,8 л/га) та МаксіМокс (0,5 л/га) забезпечує рівень урожайності гороху 3,4 т/га.

Keywords. Peas, weeds, number and weight of weeds, harrowing, herbicides, yield.

Ключові слова: горох посівний, бур'яни, кількість та маса бур'янів, боронування, гербіциди, урожайність.

Горох – цінна зернобобова культура. Вирощують його у всіх країнах Європи, а також у Китаї, Індії, США, Канаді. Потенційні можливості урожайності гороху становлять понад 5 т/га. Але її середні показники по Україні коливаються за роками в межах від 15,6 ц/га (у 2013 році) до 26,6 ц/га (у 2017 році).

Бур'яни своєю присутністю в агрофітоценозах погіршують умови росту й розвитку гороху. Їх рівень, час наявності та шкодочинність в посівах культури є динамічним явищем, що ускладнює боротьбу з ними. Система захисту гороху від цієї небажаної рослинності є вкрай важливим елементом технології вирощування. Шкідлива дія бур'янів призводить до зменшення урожайності культурних рослин. Завданням для агрономічної служби є стримування присутності бур'янів в агрофітоценозах на рівні, що нижчий рівня економічної шкодочинності. Особливо важливий захист молодих рослин гороху в гербокритичний період.

Як свідчить практика, втрати від негативної дії бур'янів зростають із ростом урожайності культурних рослин. Сегетальний компонент агрофітоценозу гороху потребує системи антропогенного втручання. Фітоценотична значимість, а отже й

шкодочинність, різних видів бур'янів у ценозі залежить від багатьох факторів. Тому дуже важливо аграріям контролювати умови в рослинних угрупованнях для оптимального росту й розвитку культури із обов'язковим урахуванням видового складу бур'янів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Перепону для одержання сталих урожаїв гороху стали несприятливі природно-кліматичні умови, пов'язані з поступовим підвищенням температури та зменшенням продуктивної вологи в ґрунті, відсутність стабільного попиту на внутрішньому ринку, складне економічне становище сільгосппідприємств, що змушує насичувати сівозміну «валютними» культурами (соняшник, ріпак, соя), а також неоптимізована й малоефективна технологія вирощування гороху. Тому для відновлення та подальшого збільшення посівних площ під горохом в сучасних умовах господарювання України необхідно вирішити ряд проблем, пов'язаних з розробкою та впровадженням у виробництво застосування прогресивних технологій вирощування культури з урахуванням конкретних ґрунтово-кліматичних умов кожної зони України [3].

Продуктивність культурних рослин залежить від багатьох факторів. І на дію більшості з них мають вплив бур'яни, як складова частина агрофітоценозу.

Одержання високих і сталих урожаїв сортів гороху значною мірою залежить від вчасного проходження фаз росту й розвитку, які визначаються сортовими особливостями і погодними умовами року [12].

Найважливішим резервом росту врожайності є найбільш повна реалізація потенційної продуктивності вирощуваних сортів, ефективне використання ґрунтово-кліматичних і матеріальних ресурсів [10].

На початку вегетаційного періоду розпочинається конкуренція між культурними рослинами та бур'янами. Йде змагання у горизонтальній площині: хто захопить більше території. У молодому віці культурні рослини досить вразливі до шкодочинної дії бур'янів. Саме в цей період свого життя вони потребують якісного захисту від забур'янення ценозу.

Практично водночас з появою сходів рослин культури в посівах з'являються рослини зимуючих і ранніх ярих видів бур'янів. Їх сходи можна спостерігати вже в третій декаді квітня. Оскільки на полі в цей період є багато вільних екологічних ніш, то вони досить інтенсивно заповнюються все новими і новими рослинами бур'янів. Молоді рослини гороху в цей період ще дуже малі і слабкі. Вони контролюють близь 14-22% поверхні поля. Сприятливі умови для завоювання свого місця під сонцем активно використовують ярі види бур'янів. Особливо – види з родини лободових [8].

Гербокритичний період у гороху складає 28-37 діб, він триває від фази 3-х листків до початку бутонізації. Вплив бур'янів на врожайність гороху виявляється в тому, що за критичного періоду конкурентних відносин настає критичний момент 37 діб, протягом якого має бути знищена бур'янова рослинність, інакше під дією конкурентних відносин горох різко (на 50-70%) знижує свою врожайність. Рівень втрати врожаю залежить від кількості, видового складу бур'янів та тривалості їхньої присутності в посіві [13].

Так як горох відноситься до культур суцільного способу сівби, то можна знищувати бур'яни в його ценозах на початку вегетації агротехнічними заходами – боронуванням. Посіви до та після появи сходів гороху боронують щоб знищити бур'яни у фазі білої ниточки.

При одному довсходовому і післясходовому боронуванні вдається знищити до 60–80 % однорічних бур'янів. Крім знищення бур'янів боронування сприяє покращенню аерації в посівному шарі та зберігання вологи в ґрунті. До сходів боронування проводять через чотири – п'ять днів після посіву, коли бур'яни знаходяться в фазі білої ниточки, а у насіння гороху початок утворення корінчиків, але ще не появились стебла. По сходях боронування проводять в фазі трьох – п'яти листків, при масовому проростанні бур'янів в денні години, коли рослини гороху втрачають тургор. Кращих ре-

зультатів в знищення бур'янів отримують при поєднанні хімічного та агротехнічного способів боротьби. Для здійснення хімічних заходів боротьби з бур'янами використовують ґрунтові та страхові гербіциди. Краща фаза розвитку рослин гороху при обробці – 3 – 5 листків. В цій фазі на рослинах вже сформувався досить потужний восковий наліт. Обробіток в більш пізні строки призводить до порушення формування генеративних органів рослин. Після боронування сходів вносити гербіциди не рекомендується, тому що рослини з пошкодженим восковим нальотом менш стійкі до гербіцидів [14].

Нової актуальності набувають дослідження особливостей застосування гербіцидів і шляхи підвищення їх біологічної ефективності за умов екстремальних коливань погоди. Особливо бажані дослідження з розробки шляхів зниження норм внесення гербіцидів і зменшення їх непродуктивних втрат у процесі нанесення на цільові об'єкти - рослини. Тенденції розвитку сучасного землеробства чітко спрямовані на підвищення рівня екологічної безпеки і зниження хімічного навантаження на довкілля [9].

В умовах високої забур'яненості ґрунтові гербіциди дають змогу значно знизити чисельність бур'янів у агроценозах ще до сходів рослин культури, тим самим знижуючи шкідливість бур'янів у перші періоди росту та розвитку культури [7].

За даними Гутянського Р.А. обліки бур'янових рослин у посівах зернобобових культур засвідчили, що гербіцид Пульсар 40 у цілому краще контролював кількість і сиру масу дводольних малорічних бур'янів, ніж злакових однорічних. Так, у посівах гороху, нуту і сої ефективність гербіциду Пульсар 40 щодо зниження кількості злакових однорічних бур'янів у середньому становила відповідно 36, 24 і 47 %, а дводольних малорічних – 72, 68 і 82 %. Сиру масу злакових однорічних бур'янів у посівах гороху, нуту і сої гербіцид Пульсар 40 зменшував відповідно на 69, 33 і 55 %, а дводольних малорічних – на 71, 46 і 75 %.

Основним показником вирощування сільськогосподарських культур є їх урожайність, яка значною мірою залежить від погодних умов, що складаються за період вегетації. Одержані результати підтвердили закономірність залежності рівня урожайності гороху від метеорологічних умов, системи удобрення, інокуляції насіння та системи захисту [5].

Для формування високих врожаїв рослинам гороху потрібний своєчасний та якісний захист від шкідливої дії бур'янів. Адже вони конкурують за одні й ті ж фактори життєдіяльності з культурними рослинами.

Своєчасне, ефективне та якісне регулювання рівня присутності бур'янової рослинності в агрофітоценозах гороху - це важливе завдання для агрономічної служби.

Мета дослідження – оцінити вплив боронування (до появи та після появи сходів культурних рослин) та дослідних гербіцидів на сегетальну рослинність і встановити залежність формування

насіннєвої продуктивності гороху посівного від рівня присутності бур'янів.

Методика та умови проведення досліджень. Дослідження проводили у 2017-2019 роках. Ділянки розміщувалися на сірому лісовому ґрунті легкого середньо-суглинкового механічного складу із вмістом гумусу 3,0%. Характеристики погодних умов років досліджень були сприятливими для вирощування гороху посівного і типовими. Технологія вирощування гороху сорту Магнат була загальнопринятою для зони Лісостепу. Попередником нашої дослідної культури за три роки

досліджень була кукурудза. Облікова площа ділянки складала 20 м² із чотирьохразовою повторністю варіантів. Розміщення їх - рендомізоване. За допомогою ранцевого оприскувача вносили гербіциди з нормою витрати рідини 250 л/га. Обліки забур'янення посівів гороху виконувались згідно загальнопринятих методик. Через 30 днів після посіву культури облік бур'янів виконували кількісним методом, а другий – перед її збиранням був кількісно-ваговим. Статистична обробка даних проводилась дисперсійним аналізом.

Схема дослідів

1. Контроль (без знищення бур'янів)
2. Боронування до появи та після появи сходів гороху
3. Обприскування Дуал Голд (1,6 л/га) після посіву гороху до появи сходів культури (діюча речовина S-метолахлор)
4. Обприскування МаксіМокс (1,0 л/га) у фазі 2–3 листків гороху (діюча речовина імазамокс)
5. Дуал Голд (0,8 л/га) після посіву гороху до появи сходів культури (діюча речовина S-метолахлор) + МаксіМокс (0,5 л/га) у фазі 2–3 листків гороху (діюча речовина імазамокс)

Виклад основного матеріалу. Обліки забур'янення показали, що в посівах гороху переважали малорічні бур'яни, серед яких однодольні види склали 70-73% за роками досліджень. Слід відмітити їх високу здатність до кушніння: в середньому кожна злакова рослина мала 5,6 стебел. Найбільша чисельність припадала на плоскуху звичайну (*Echinochloa crus-galli* L.) та мишій сизий

(*Setaria glauca* L.). Дводольні малорічники були представлені переважно лободою білою (*Chenopodium album* L.), гірчицею польовою (*Sinapis arvensis* L.), талабаном польовим (*Thlaspi arvensis* L.) та зірочником середнім (*Stellaria media* L.).

Таблиця 1

Структура забур'янення гороху посівного (середнє 2017-2019 р.р.), шт./м²

Кількість однодольних бур'янів		Кількість дводольних бур'янів	
Малорічні види	Багаторічні види	Малорічні види	Багаторічні види
61	5	25	2

Присутність багаторічних бур'янів в агрофітоценозах гороху була в межах 7,0-7,4% за роками досліджень. Із злакових видів це був пирій повзучий (*Agrorugum repens* L.), а з широколистих - осот жовтий (*Sonchus arvensis* L.).

Згідно шкали оцінки ступінь забур'янення гороху посівного на контрольному варіанті є сильною – 93 шт./м². Це означає, що обов'язково потрібно виконувати заходи захисту культурних рослин від негативного впливу бур'янів. Така їх велика чисельність та значна вегетативна маса призведе до великого недобору врожаю гороху.

Ґрунтові гербіциди проникають через кореневу систему в рослини і, гальмуючи поділ клітин, спричиняють загибель проростків бур'янів. Для їх ефективної дії потрібна достатня кількість вологи у ґрунті. Страхові гербіциди системної дії наносяться на поверхню рослин, проникають всередину, рухаються в ній, порушують процеси життєдіяльності, що веде до знищення бур'янів. Якщо порушувати регламенти застосування гербіцидів, то можна або знизити їх ефективність або отримати пригнічення ними культурних рослин.

Восковий шар у рослин гороху найкраще захищає його від негативного впливу гербіцидів у період від 2 до 5 листків. Отже, страховий гербіцид

МаксіМокс ми вносили в фазу 2-3 листків гороху, щоб запобігти пошкодженню культурних рослин.

Упродовж 2017-2019 років в агрофітоценозах гороху посівного вивчалася вибірковість та ефективність дії таких гербіцидів: ґрунтовий препарат Дуал Голд із нормою витрати 1,6 л/га, страховий препарат МаксіМокс із нормою витрати 1,0 л/га, а також їх послідовне внесення у відповідні терміни із зменшеними нормами витрат: Дуал Голд (0,8 л/га) та МаксіМокс (0,5 л/га).

Внаслідок того, що культурні рослини гороху пригнічували бур'яни, які перебували в нижньому ярусі агрофітоценозу, то під час другого обліку було зареєстровано зменшення їх чисельності у контрольному варіанті із 93 до 87, тобто в середньому за три роки досліджень на 6 шт./м².

Знизити рівень присутності бур'янів механічними прийомами у посівах гороху рекомендовано шляхом боронування. В ході дослідів на варіанті 2 виконували знищення проростків бур'янів зубовими бородами до появи та після появи сходів гороху впоперек до напрямку рядків. В середньому за три роки досліджень загибель бур'янів на дослідних ділянках із боронуванням в якості агротехнічних заходів контролю забур'янення становила 80,6% під час першого обліку.

**Вплив заходів контролю на забур'яненість гороху посівного
(середнє за 2017-2019 р.р.)**

Варіанти	Строки обліку	Чисельність бур'янів, шт./м ²	Знищення бур'янів, %
1. Контроль (без знищення бур'янів)	1	93	-
	2	87	-
2. Боронування до появи та після появи сходів гороху	1	18	80,6
	2	18	79,3
3. Дуал Голд (1,6 л/га) після посіву гороху до появи сходів культури	1	10	89,2
	2	10	88,5
4. МаксіМокс (1,0 л/га) у фазі 2–3 листків гороху	1	7	92,5
	2	6	93,1
5. Дуал Голд (0,8 л/га) після посіву гороху + МаксіМокс (0,5 л/га) у фазі 2–3 листків гороху	1	6	93,5
	2	6	93,1

Хімічний метод для знищення бур'янів застосовується найчастіше в сучасному землеробстві, тому що має цілу низку переваг над іншими методами. За чіткого дотримання умов, строків та правил безпеки щодо внесення гербіцидів, можна отримати якісний та тривалий контроль над бур'янами в посівах сільськогосподарських культур. І таким чином сприяти підвищенню їх урожайності.

Щоб отримувати стабільні врожаї гороху потрібно забезпечувати для культурних рослин сприятливі умови його формування. Наявність в агрофітоценозах сегетальної рослинності, її шкодочинність є тим чинником, що різко знижує продуктивність культури.

Обприскування до появи сходів гороху ґрунтовим гербіцидом Дуал Голд дозволило знизити кількість бур'янів на 89,2% у порівнянні з контрольним варіантом. Він знищував в основному малорічні одnodольні бур'яни і лише частково дводольні. Дія цього препарату знизилася не лише чисельність, але й здатність бур'янів до нагромадження надземної вегетативної маси. На варіантах внесення гербіциду Дуал Голд чисельність бур'янів під час першого та другого строків відбору була нижчою, чим на варіантах із застосуванням боронування. По відношенню до природного фону забур'янення загальна кількість бур'янів становила відповідно 89,2% та 88,5%.

Проаналізували дію страхового гербіциду МаксіМокс і встановили, що він забезпечив знищення бур'янів на 92,5% в порівнянні з природним фоном забур'янення. А на час збирання врожаю цей показник підвищився до 93,1%. В посівах гороху залишилися лише представники багаторічних бур'янів. Завдяки ґрунтовій дії цей препарат стримував появу наступної хвилі бур'янів.

Із метою контролю бур'янів боронування гороху справлялося добре: знизилася не лише їх чисельність, але і зменшилася надземна повітряно-суха маса на 51% порівняно із контрольним варіантом, на якому був природний рівень забур'янення.

Обробка гербіцидами Дуал Голд та МаксіМокс із зменшеною нормою витрати та послідовним застосуванням дозволила якісно контролювати бур'яни в агрофітоценозах гороху. Їх загинув в середньому за три роки проведення досліджень у цьому варіанті на момент збирання врожаю була 93,1%, та їх надземна повітряно-суха маса склала 110 г/м². На багаторічні бур'яни, що росли в агрофітоценозах гороху, дослідні гербіциди токсичної дії не виявили. Такий варіант внесення гербіцидів забезпечив найефективніший захист культурних рослин гороху від шкідливого впливу бур'янів.

Для гороху типовим є початковий повільний ріст, тому його продуктивність може сильно постраждати від забур'янення.

Таблиця 3

**Вплив заходів контролю на присутність бур'янів в посівах гороху
(середнє за 2017-2019 р.р.)**

Варіанти	Чисельність бур'янів, шт./м ²	Надземна повітряно-суха маса бур'янів	
	разом	г/м ²	зниження до контролю, %
1. Контроль (без знищення бур'янів)	87	960	-
2. Боронування до появи та після появи сходів гороху	18	470	51,0
3. Дуал Голд (1,6 л/га) після посіву гороху до появи сходів культури	10	203	78,9
4. МаксіМокс (1,0 л/га) у фазі 2–3 листків гороху	7	130	86,5
5. Дуал Голд (0,8 л/га) після посіву гороху + МаксіМокс (0,5 л/га) у фазі 2–3 листків гороху	6	110	88,5

У ході проведених досліджень за три роки не було виявлено негативного гербіцидного впливу на рослини гороху.

Внаслідок того, що на дослідних варіантах агротехнічними та хімічними методами було зменшено рівень присутності бур'янів у посівах гороху, це посприяло підвищенню його конкурентоздатності та зростанню урожайності.

Таблиця 4

**Урожайність гороху в залежності від впливу заходів контролю на бур'яни
(середнє за 2017-2019 р.р.), т/га**

Варіанти	Урожайність, т/га				Приріст до контролю
	2017 р.	2018 р.	2019 р.	середнє	т/га
1. Контроль (без знищення бур'янів)	1,3	1,6	1,4	1,5	-
2. Боронування до появи та після появи сходів гороху	1,9	2,1	1,9	2,0	0,6
3. Дуал Голд (1,6 л/га) після посіву гороху до появи сходів культури	2,4	2,7	2,3	2,5	1,1
4. МаксіМокс (1,0 л/га) у фазі 2–3 листків гороху	2,8	3,2	2,7	3,0	1,5
5. Дуал Голд (0,8 л/га) після посіву гороху + МаксіМокс (0,5 л/га) у фазі 2–3 листків гороху	3,3	3,5	3,2	3,4	1,9
НІР ₀₅	0,16	0,17	0,16		

Захист культурних рослин від негативної дії бур'янів дав можливість реалізувати продуктивний потенціал сорту. У середньому за три роки експерименту врожайність зерна гороху на ділянках із застосуванням боронування для знищення бур'янів була на 0,6 т/га вищою, чим на контролі.

Якісний захист гороху від забур'янення забезпечує високий рівень урожайності. Збережений урожай внаслідок боронування та хімічної прополки становив істотну прибавку по відношенню до контрольного варіанту.

На варіанті внесення ґрунтового гербіциду Дуал Голд (1,6 л/га) захист гороху від бур'янів дав можливість сформувати врожайність на рівні 2,5 т/га. Знищення бур'янів страховим гербіцидом МаксіМокс (1,0 л/га) забезпечило культурним рослинам гороху ще кращі умови для формування врожайності зерна порівняно із попереднім препаратом і приріст до контролю становив 1,5 т/га. Високий фітотоксичний ефект на сегетальну рослинність показав варіант, де застосували послідовну обробку ґрунтовим гербіцидом Дуал Голд та страховим гербіцидом МаксіМокс із зменшеними від рекомендованих норм витрати на 50%.

Найбільшу врожайність гороху отримали на варіантах послідовного внесення Дуал Голд (0,8 л/га) та МаксіМокс (0,5 л/га). Зменшення негативного впливу бур'янів на культурні рослини дало змогу одержати урожай зерна гороху на рівні 3,3; 3,5 та 3,2 т/га за роками досліджень.

Висновки.

1. У посівах гороху були найбільш поширеними малорічні однодольні види бур'янів (65,6%).
2. Ступінь забур'янення гороху на контролі згідно шкали оцінки є сильною. Це означає, що обов'язково потрібно виконувати заходи захисту культурних рослин від негативного впливу бур'янів.
3. Контроль бур'янів у посівах гороху шляхом боронування зменшив їх чисельність в середньому за три роки досліджень на 80,6% та на 51% надземну масу в повітряно-сухому стані.

4. Обприскування ділянок ґрунтовим гербіцидом Дуал Голд (1,6 л/га) призвело до загинелі 89,2% бур'янів. Зменшилася їх надземна маса по відношенню до варіанту з природним фоном забур'янення на 78,9%.

5. Внесення страхового гербіциду МаксіМокс (1,0 л/га) на посівах гороху знищило 92,5% бур'янів. Їх маса знизилася на 86,5% у порівнянні з контрольним варіантом.

6. Самий ефективний контроль бур'янів у агрофітоценозах гороху забезпечило послідовне внесення у відповідні строки Дуал Голд та МаксіМокс із зменшеними на 50% нормами витрат. Такий варіант дав найвищу загинелість бур'янів – 93,5% та забезпечив найменшу їх повітряно-суху надземну масу на ділянці – 110 г/м².

7. В середньому за три роки досліджень найвищу урожайність зерна гороху (3,4 т/га) було зібрано на ділянках із послідовною обробкою Дуал Голд (0,8 л/га) та МаксіМокс (0,5 л/га).

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Верещагин Л.Н. Атлас сорных, лекарственных и медоносных растений. К.: Юнивест Медиа, 2002. 384 с.
2. Веселовський І.В., Лисенко А.К., Манько Ю.П. Атлас-визначник бур'янів. К.: Урожай, 1988.- 72 с.
3. Гамаюнова В.В., Туз М.С. Вплив елементів технології вирощування на продуктивність сортів гороху в південному Степу. Збірник наукових праць ННЦ "Інститут землеробства НААН". 2016. Випуск 1. С. 46-57.
4. Гутянський Р. А. Інокуляція, гербіцид, бур'яни та врожайність зернобобових культур. Вісник ЦНЗ АПВ Харківської області. 2017. Випуск 23. С. 151-160.
5. Дворецька С.П., Рябокін Т.М., Каражбей Т.В. Вплив агрометеорологічних умов на формування продуктивності сортів гороху. Збірник наукових праць ННЦ "Інститут землеробства НААН". 2016. Випуск 1. С. 36-45.

6. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. Москва: Агропромиздат, 1985. 351 с.
7. Задорожний В. С., Карасевич В. В., Свитко С. М., Задорожний А. В., Лабунець А. В., Сокульський М. А. Ефективність гербіцидів у посівах сої в умовах правобережного Лісостепу України. Корми і кормовиробництво. 2018. Вип. 86. С. 107-112.
8. Іващенко О.О. Бур'яни в агрофітоценозах. К., 2001. 235 с.
9. Іващенко О.О., Іващенко О. О., Найдьонов В. Г. Фізіологічні оптимізуми бур'янів за умов змін клімату. Корми і кормовиробництво. 2017. Вип. 83. С. 93-99.
10. Король Л.В. Формування фотосинтетичного апарату гороху залежно від впливу добрив та регуляторів росту в умовах Лісостепу України. Збірник наукових праць БДАУ. Агробіологія. 2017. № 1. С. 121-127.
11. Косолап М.П. Гербологія. К.: Арістей, 2004. 364 с.
12. Нідзельський В. А. Динаміка росту гороху залежно від погодних умов року. Науковий журнал «Рослинництво та ґрунтознавство». 2015. № 210. С. 67-74.
13. Петришина А. А. Шкода сегетальних видів та оптимізація контролю забур'яненості агрофітоценозу гороху в правобережному Лісостепу України. Автореф. дис. на здоб. наук. ступ. к. с.-г. наук. К., 2011. 27 с.
14. Чернюк А.П. Перспективи та технологія вирощування гороху. Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків: зб. наук. пр. К.: ФОП Корзун Д. Ю., 2013. – Вип. 18. С. 69-72

PRACTICAL ASPECTS OF GROWING VEGETABLES AND POTATOES USING STRIP-TILL TECHNOLOGY

Tomchuk V.

*Assistant of Professor of the
Department of Agricultural Engineering and Technical Service
Vinnitsia National Agrarian University,
Ukraine*

ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ ВИРОЩУВАННЯ ОВОЧІВ І КАРТОПЛІ ПО ТЕХНОЛОГІЇ STRIP-TILL

Томчук В.В.

*асистент кафедри агроінженерії та технічного сервісу
Вінницький національний аграрний університет
Україна*

Abstract

The article examines historical aspects of the formation and development of strip-till technology, provides information about the first developers and promoters of the technology. It is substantiated that the efficiency of agricultural production depends on the introduction of modern technologies for growing crops, namely vegetables and potatoes. In this aspect, an important place is occupied by the strip-till that is a system of resource-saving tillage, which combines the advantages of zero and conventional technologies. This technology involves the placement of nutrients directly in the root zone of the crop. Development of the strip-till technology as a full-value element of precise agriculture makes it possible to save mineral fertilizers due to their optimal use, which is attractive for farmers. It is determined that implementation of strip-till technology in different natural and climatic zones of Ukraine requires the use of a certain set of working bodies for their effective application. The methods of mulch management in the cultivation of vegetables and potatoes in the case of minimal or complete refusal from herbicide application have been studied.

Анотація

У статті розглянуто історичні аспекти становлення і розвитку технології обробітку ґрунту strip-till, наведено інформацію про перших розробників та популяризаторів технології. Обґрунтовано, що ефективність сільськогосподарського виробництва залежить від впровадження сучасних технологій вирощування сільськогосподарських культур, а саме овочів і картоплі. У цьому аспекті важливе місце займає strip-till – система ресурсощадного обробітку ґрунту, яка поєднує переваги нульової і традиційної технологій. Ця технологія передбачає розміщення поживних речовин безпосередньо в кореневій зоні культури. Розвиваючи технологію strip-till як повноцінний елемент точного землеробства, досягають економії мінеральних добрив завдяки оптимальному їх використанню, що є привабливим для сільгоспвиробників. Визначено, що для реалізації технології strip-till в різних природно-кліматичних зонах України необхідно використовувати певний набір робочих органів для ефективного їх використання. Досліджено прийоми управління мульчею при вирощуванні овочів і картоплі в разі мінімальної або повної відмови від використання гербіцидів.

Keywords: technology, strip-till, no-till, cultivation, potatoes, vegetables, working bodies, mulching.

Ключові слова: технологія, strip-till, no-till, вирощування, картопля, овочі, робочі органи, мульчування.

Постановка проблеми. Сучасний стан розвитку овочівництва

впродовж останніх років загалом характеризується порівняно стійким збереженням посівних площ і обсягів виробництва продукції. Адже ця галузь сільського господарства традиційно зорієнтована на забезпечення внутрішнього продовольчого ринку та менш залежна від цінних коливань на зовнішніх ринках. Основу структури виробництва овочів становить борщовий набір, куди входить картопля, капуста, буряк столовий, цибуля, морква.

На вирощуванні цих та інших видів овочів здебільшого спеціалізуються господарства Степу, а також у густонаселених регіонах навколо міст-мільйонників.

Переважає більшість українських овочів вирощуються домогосподарствами і скуповуються трейдерами і переробниками. Згідно з даними державної служби статистики, підприємства вирощують менше 4% овочів в Україні [1].

Рекордно високі температури і посуха стали постійними супутниками українських аграріїв. Проте літо 2019 року було рекордно гарячим і сухим. В центральних областях бездощовий період тривав з середини червня до кінця вересня. Основна частина опадів випала протягом перших п'яти місяців, тому урожай ранніх зернових видався задовільним, але пізні культури, особливо, картопля та коренеплоди постраждали. В серпні і вересні вологість ґрунту була настільки низька (10-12 %), що будь який його обробіток був практично неможливий.

За повідомленням Центральної геофізичної обсерваторії України імені Бориса Срезневського в Україні метеорологічної зими 2020 року не було. Середня температури за сезон склала +2°C. Вона перевищила кліматичну норму на 6°C. Стійкого сніжного покриву теж не було. Це підтверджує, що глобальне потепління в Україні іде швидше ніж у всьому світі [2].

Таким чином, новий сезон 2020 року розпочинається з мінімальних запасів вологи в ґрунті.

Для отримання високих врожаїв аграрії вимушені терміново перелаштовувати виробництво на нові технології обробітку ґрунту, якими є мінімізація рихлення ґрунту і зрошення посівів. Важливим при цьому є зниження собівартості вирощування сільськогосподарської продукції. Стрічковий спосіб обробітку ґрунту strip-till добре зарекомендував себе у країнах у країнах Північної Америки, а також удостоївся поширення серед деяких європейських виробників. Технологія strip-till являє собою стрічковий обробіток поля, який поєднує переваги традиційного орного обробітку і нульової технології. Суть технології стрічкового землеробства полягає у розпушуванні смуг, які обробляються від бур'янів, удобрюються і засіваються культурними рослинами. Особливу роль у технологічному ланцюгу strip-till відіграють спеціальні сільськогосподарські машини та навіпні пристосування.

Під час стрічкового розпушування приблизно дві третини поля залишається без змін, тобто не об-

робляється. Така система дозволяє скоротити витрати на обробіток ґрунту у 2-3 рази. Застосовується в основному під просапні та овочеві культури.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Останнім часом в наукових та галузевих виданнях з'явилося досить багато публікацій направлених на висвітлення спроб застосування безплужних технологій для вирощування картоплі і овочів на легких і середніх по складу ґрунтах. В Україні і в Європі є вчені і практики, які протягом багатьох років експериментують на виробництві, мають цінний практичний досвід, який потребує обговорення і переконання. У науковій праці українських вчених узагальнено основні напрями систем обробітку ґрунту в Україні та світі, наведено їх характеристику й оцінку, коротко проаналізовано систему обробітку strip-till, її переваги та особливості застосування [3].

У роботі А.В. Бикіна обґрунтовано мінімальний обробіток ґрунту, який спричинив відмову від оранки навіть при вирощуванні картоплі [4]. Автором встановлено роль свіжої органічної речовини доставленої в ґрунт. Найбільше поживних речовин дає кукурудза і озима пшениця, тому їх слід вводити в овочеву сівозміну при мінімальному обробітку. Головне при цьому подрібнення і рівномірний розподіл соломи по поверхні з наступним дискуванням і щільуванням ґрунту на глибину 40 см. Велике значення має депозитне значення внесення калійних і фосфорних добрив в зону майбутнього рядка на різні глибини.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Під час впровадження ресурсозберігаючих технологій обробітку ґрунту no-till (нульовий обробіток) і strip-till, однією з основних задач для її розробників було сформулювати технічно виправдану, стійку та економічно альтернативну технологію у порівнянні з класичними технологіями обробітку ґрунту. Перші дослідження та публікації щодо впровадження аналогічних до сучасної strip-till систем обробітку ґрунту з'явилися ще задовго до кінця 90-х років. Так, у 1989 році автори Фоллет та Шимель [5] зафіксували, що у той час як класичні системи вирощування сільськогосподарських культур призводили до зношування ґрунтів і навіть до опустелювання угідь, зберігаючи технології зупиняли ерозію ґрунту, підвищували вміст у ньому органічних речовин, покращували збереження вологості, перебіг біологічних процесів у ґрунті і його родючість, зумовлюючи поступове зростання урожайності сільськогосподарських культур. Однак, поряд із цим було виділено також можливі ризики застосування даних технологій, пов'язані з особливими умовами вирощування культур (ерозія легкого ґрунту на смугах, надмірне ущільнення та структурні пошкодження поверхневого шару ґрунту при перезволоженні ґрунтах).

Необхідність розробки практичних рекомендацій вирощування овочів і картоплі по технології strip-till визначили актуальність дослідження.

Метою статті є розгляд ресурсозберігаючих технологій обробітку ґрунту, визначення основних принципів та переваг системи господарювання

strip-till, а також конструктивних елементів технічних засобів для реалізації даного методу, обґрунтування наявного стану та перспектив застосування strip-till у сільському господарстві України.

Виклад основного матеріалу дослідження.

До енергозберігаючих і ґрунтозахисних систем землеробства належить strip-till технологія (англ. *strip tillage*), створена на базі сівалки Spirit і культиватора Carrier. Нові ґрунтообробні органи знаряддя з шириною робочої поверхні 25 мм можуть розпушувати ґрунт на глибину до 300 мм з інтервалом 330 мм. Згідно з принципами strip-till, розпушення ґрунту проводиться лише там, де висівається насіння. Високі температури, засуха та нові економічні реалії спонукали виробників аграрної продукції до застосування ощадливішого втручання в ґрунт шляхом мінімального обробітку або повної відмови від нього і перехід до прямої сівби. Інший бік привабливості цих заходів – це економія енергоресурсів і в першу чергу нафтопродуктів.

Перед сівбою культиватором проводять один обробіток поля з одночасним внесенням добрив в два різні горизонти ґрунту. Загальні витрати пального на культивування і сівбу залежно від типу і глибини обробітку ґрунту становлять близько 20 л/га. Технологія strip-till поєднує деякі принципові переваги інших систем обробітку ґрунту: традиційної на базі оранки та висіву насіння у чистий від пожнивних решток ґрунт, що виключає їх можливий негативний вплив на проростання та розвиток культурних рослин; mini-till, за якої ґрунт обробляється лише у місці висіву насіння, що значно зменшує енерговитрати; по-till із залишками на полі ролінних решток, які захищають ґрунт від ерозійних процесів, в зимовий період виконують функцію снігозатримання, а у вегетаційний – сприяють збереженню вологи та ускладнюють проростання бур'янів у міжрядді.

Польський фермер Станіслав Клекот з Лодзького воєводства на 6 га піщаних ґрунтів вирощує картоплю без використання оранки у двопільній сівозміні з пшеницею [6]. Пожнивні рештки подрібнюються і розкидаються по полю. Перед посадкою картоплі він обробляє ґрунт культиватором на глибину до 25 см.

Відмова від оранки значно скоротила витрати часу та палива. Урожайність картоплі вирощеної за по-till технологією на легкому ґрунті значно перевищує таку в традиційній системі вирощування.

А.В. Бикін та Станіслав Клекот акцентують увагу на тому, що при новому способі підготовки ґрунту рослинні рештки не потрапляють в ґрунт і тим самим зменшують захворювання картоплі паршою [4, 6].

Однією зі значних переваг технології strip-till є можливість одночасного внесення мінеральних добрив неподалік зони висіву насіння в декількох горизонтах (на різну глибину). При цьому добрива розміщуються локально, здебільшого у вологому шарі з мінімальним перемішуванням у ґрунті. Це забезпечує рослини легкодоступними поживними речовинами на різних етапах їх розвитку з високим

коефіцієнтом ефективності фактично протягом всього вегетаційного періоду й сприяє утворенню потужної кореневої системи культур. На початковому етапі рослина як і за традиційної технології використовує стартові добрива поблизу поверхні, а потім поглинає поживні речовини, внесені ґрунтообробною частиною на більшу глибину. Технологія strip-till добре зарекомендувала себе як під час вирощування технічних, так і овочевих культур.

Забезпечення оптимального рівня мінерального живлення рослин протягом періоду вегетації є одним з найважливіших питань будь-якої технології вирощування сільськогосподарських культур. Науковими дослідженнями доведено, а практикою підтверджено, що найчастіше у ґрунті не вистачає азоту. У зв'язку з цим ґрунт слід постійно поповнювати саме цим елементом живлення рослин. Використання азотних добрив значною мірою сприяє зростанню врожаю і підвищенню його якості. Так, для 10 т врожаю картоплі потрібно 56 кг азоту, а для отримання 50 т – 300 кг. Якщо у ґрунті міститься 60–70 кг азоту, то решту до необхідної кількості треба вносити.

Обробіток ґрунту під овочеві культури залежить від попередника. В господарствах, де овочі вирощують на невеликих площах, їх розміщують після найкращих попередників. При цьому враховують різне ставлення окремих культур до органічного удобрення. Одні дають кращий урожай у перший рік внесення органічного удобрення, інші не переносять його, і тому їх треба сіяти на полі лише на другий рік після цього.

Традиційно для овочів найкращим був звичайний зяблевий обробіток з полицевою оранкою на глибину до 24 см. В наших дослідах цей спосіб використовується як контроль. Дослідні варіанти з широкими міжряддями оброблялись за смуговою технологією, або strip-till.

Відсутність перехідного періоду у 3-5 років і збереження традиційних строків початку сівби весною вигідно відрізняють смуговий обробіток від прямої сівби. А необроблені на дві третини і накриті мульчею міжряддя поєднують його з по-till.

Технологія strip-till передбачає компромісний варіант обробітку ґрунту між традиційною оранкою та прямою сівбою. За цією технологією ґрунт глибоко рихлять тільки в зоні рядка, а міжряддя не обробляється. Увесь рік міжряддя закриті мульчею із пожнивних решток попередника.

Так створюється оптимальна твердість і структура ґрунту в зоні залягання основної частини кореневих систем, відкриваються можливості для депозитного внесення мінеральних добрив і посіву коренеплодів. Розпушені смуги добре поглинають атмосферні опади і повітря. Поля оброблені із застосуванням технології Strip-till мають задовільну стійкість до вітрової ерозії, а при правильному виборі напряму обробітку і до водної ерозії на схилах.

Смуговий обробіток перспективний з точки зору можливості загортання пожнивних решток, сидератів і органічних добрив. Добротне рихлення спричиняє насичення шару ґрунту киснем, що тягне за собою локальних вибух розвитку анаеробних

агрегатів біоти, а отже швидке розкладання свіжої органічної речовини.

Смуговий обробіток ефективно застосовується для вирощування просапних культур. Співробітники Південно-Української філії УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого, а саме С. Демидов та інші наголошують, що за належного попереднього нарізання смуг посів можна проводити звичайними (а не стерньовими) сівалками у розпушені смуги.

Смуговий обробіток перспективний з точки зору ресурсозбереження, раціонального й ефективного використання добрив та управління рослинними залишками. Водночас на сьогодні явно бракує інформації про технологічні схеми, вимоги до технологічних процесів формування смуг і посіву, вибір робочих органів, технічні рішення. Не вистачає також інформації про гідротермічні властивості

грунту в смугах і міжсмуговому просторі, особливо, в період засухи [7]. Наприклад, після збирання пізніх коренеплодів залишаються практично готові оброблені смуги, постає питання використовувати їх повторно чи нарізати нові під кутом до попередніх?

Головне завдання механічного обробітку ґрунту полягає у створенні сприятливих умов для росту та розвитку рослин. Оптимальне значення щільності ґрунту – 1,1-1,3 г/см³. Для досягнення цього показника необхідно виконувати механічну дію на ґрунт певними ґрунтообробними органами. Для забезпечення таких умов необхідно розробити класифікацію робочих органів з урахуванням важкості їх роботи та руйнування структури ґрунту. Тому робочі органи, що їх використовують в технології strip-till класифікують залежно від послідовності їх роботи та навантаження на ґрунт (рис. 1).

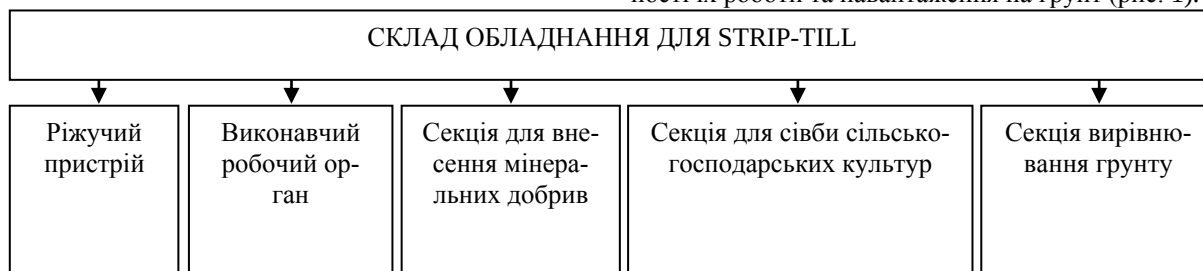


Рис. 1. Класифікаційна модель складу обладнання для виконання технологічних операцій з реалізації технології strip-till

Джерело: сформовано за [8]

Вважаємо, що технологія strip-till включає такі операції: нарізання стрічок, осіннє внесення добрив, весняне внесення добрив, сівбу. Деякі технологічні операції можливо сумістити під час виконання в один період. Так, наприклад, нарізання стрічок, як правило, суміщають з осіннім внесенням добрив. Весною одночасно з внесенням добрив проводять сівбу.

Концепція мінерального живлення рослин базується на забезпеченні їх фосфором, калієм, сіркою й ін. елементами протягом вегетації, особливо в критичні періоди росту і розвитку. Після внесення у ґрунт добрива не повинні створювати зони з підвищеною концентрацією елементів, знижувати польову схожість насіння і зменшувати продуктивний стеблостій культури. Створення оптимальних умов дозованого живлення рослин протягом вегетації можливе лише при заляганні мінеральних добрив у шарі ґрунту на 3 см у бік та на 5 см глибше посіяного насіння культури.

Забезпечити всі необхідні умови мінерального живлення рослин дають змогу й повільно розчинні добрива з контрольованим розчиненням.

О. Броварець зазначає, що обладнання для реалізації strip-till можна розділити на три основні категорії: легкі, середні і важкі, залежно від ваги секцій і глибини обробітку (або ступеня обробітку ґрунту). Причому, його класифікують за ступенем дії робочого органу на ґрунт [8].

Автор наголошує, що залежно від ступеня дії на ґрунт агрегати по strip-till можна розділити на дві основні групи:

- весняні (легкі);
- осінні:
 - а) середні;
 - б) важкі (глибокі).

Весняні агрегати для strip-till в основному призначені для очищення ряду від рослинних залишків і помірного поверхневого розпушення ґрунту. Можна при цьому вносити мінеральні добрива на глибину поверхневого розпушення. Для осіннього варіанту strip-till на секції для смугового обробітку обов'язковим є стояк для інтенсивного розпушення ґрунту: а) середня для глибини 20-30 см; б) важка – для глибини обробітку 30-50 см [9].

Для реалізації цих технологічних операцій необхідно використовувати певні робочі органи, які за мінімальних енергетичних затрат дають можливість реалізувати увесь комплекс запланованих заходів. З цієї метою проведена класифікація складу обладнання для виконання технологічних операцій (табл. 1).

Використовуючи комбінацію тих чи інших робочих органів можна досягти ефективного виконання технологічних операцій з мінімальними витратами. Технологію strip-till можна застосовувати і за традиційного або мінімального обробітку ґрунту, наприклад, проводячи восени неглибоке (на 5-6 см) суцільне дискування ґрунту, а весною – смуговий обробіток на глибину 15-25 см одночасно з сівбою: ріжучий пристрій, виконавчий робочий орган, сек-

ція для внесення мінеральних добрив, секція для сівби сільськогосподарських культур, секція вирівнювання ґрунту. Розглянемо їх детально:

- *різальний пристрій* – призначений для направлення смуги, розрізання післяжнивних решток,

утворення борозни, що полегшує та підвищує ефективність роботи виконавчих робочих органів. Як різальні

Таблиця 1

Класифікація робочих органів для реалізації технології strip-till

Пасивні робочі органи:		Активні робочі органи
Жорстко закріплені	Самообертові	
- розпушувальна лапа; - підживлювальний ніж; - однобічні плоскорізальні лапи; - стрілочасті плоскорізальні лапи; - щілиноріз; - стрілочасті універсальні лапи; - розпушувальні долотоподібні лапи; - оборотна розпушувальна лапа; - широкозахватна плоскорізальна лапа; - чизель; - чересловий ніж; - одностороння розпушувальна лапа; - пружинні зуби; - лапи-полічки.	- ротаційна борона; - голчасті диски; - дисковий ніж; - ротор прополіо-вальний; - коток зубчастий.	- ротор прополіо-вальний; - фрезерний культиватор.

* Джерело: узагальнено автором за [8]

пристрої застосовують: дисковий ніж, хвилеподібний дисковий ніж, списоподібний ніж, чересловий ніж, стрілочасті універсальні лапи, розпушувальні долотоподібні лапи, оборотні та односторонні розпушувальні лапи, борознонарізувальний корпус, аричник, ротаційну борону. Дисковий ніж встановлюють, як правило, попереду агрегату. Ніж забезпечує розрізування післяжнивних решток. Чересловий ніж може мати вигляд прямолінійного або криволінійного леза. Їх кріплять до рами за допомогою хомутка з накладкою. Ніж з прямолінійним лезом встановлюють під кутом 70-75 °С до горизонту. Під час роботи ніж розрізує ґрунт, кореневища і полегшує підрізування скиби ґрунту корпусом плуга. Його можна переміщувати вгору чи вниз і регулювати глибину ходу.

- *виконавчий робочий орган* – призначений для обробки створюваної смуги, підрізування бур'янів, розпушування, передпосівного обробки ґрунту, створення умов для ефективного внесення добрив, росту та розвитку насіння. Як виконавчі робочі органи застосовують: стрілочасті плоскорізальні лапи, штанговий робочий орган, голчасті диски, лапи-полічки, підгортальний корпус з решітчастою полицею, підгортальні корпуси. Фрезерний барабан приводиться в рух від ВВП трактора через конічний одноступінчатий редуктор, трансмісійний вал, ланцюгову передачу і запобіжну муфту. Частота обертання фрезерного барабана – 430 об/хв. Під час руху культиватора ножі фрезерних барабанів, обертаючись, відрізають стрічку ґрунту і відкидають їх назад. Вдаряючись в кожух, ґрунт подрібнюється і падає в міжряддя. Фартух розрівнює ґрунт. Пасивний ніж розпушує смугу ґрунту під корпусом секції. Глибину обробки регулюють гвинтовим механізмом опорних коліс і центрального тягою націпного механізму трактора.

- *секція для внесення мінеральних добрив* – призначена для внесення мінеральних добрив. Як секція для внесення мінеральних добрив може бути використаний підживлювальний ніж.

- *секція для сівби сільськогосподарських культур* – призначена для сівби сільськогосподарських культур. Як секції для сівби сільськогосподарських культур використовують різні існуючі конструкції сівалок для сівби сільськогосподарських культур (пневматичні, коти ушкоштіфтові тощо), які забезпечують сівбу сільськогосподарських культур.

- *секція для вирівнювання ґрунту* – призначена для вирівнювання поля, загортання насіння та добрив, створення умов для подальшого розвитку рослин шляхом ущільнення або розпушування. Як секція для вирівнювання ґрунту можуть бути використані: пружинні зуби, підгортальні корпуси.

Завдяки застосуванню на агрегатах для strip-till комбінації різних робочих органів, які розрізають і заробляють рослинні залишки, проводять глибоке спущення і кришення ґрунту, утворюють борозну. І все це – за один прохід.

Завдяки можливості смугового обробки ґрунту з одночасним внесенням добрив під корінь систему рослин, розкриваються нові перспективи ефективності застосування мінеральних добрив.

Варто сказати, що обираючи робочі органи, необхідно враховувати перш за все структуру ґрунту. Так, на піщаних ґрунтах доцільно використовувати пристрої, що руйнують поверхню ґрунту за допомогою пластичної деформації, а на глинистих ґрунтах – більше різальні пристрої, що руйнують ґрунт різанням.

Для цього розроблено пристосування для агрегування з лінійним розпушувачем та просапною сівалкою, а також комплексний агрегат, який, крім можливостей агрегування з просапною сівалкою,

дозволяє одночасно вносити рідкі або сипкі мінеральні добрива на глибину 10-20 см (під насіння), у тому числі на два рівні.

Цілоком погоджуємось із О. Броварцем, що робочими органами для реалізації технології strip-till є плоскорізальні і розпушувальні лапи, лапи-полічки, підживлювальні ножі, підгортальні та борознонарізувальні корпуси, голчасті диски, зуби борін, роторів, ножі дисків тощо [8].

Залежно від призначення лапи поділяють на прополювальні, розпушувальні і підгортальні.

До прополювальних лап належать однобічні (лапи-бритви, стрілочасті плоскорізальні лапи і стрілочасті універсальні, до розпушувальних – долотоподібні, наральникові, а до підгортальних – підгортальні лапи, корпуси тощо.

Однобічні плоскорізальні лапи призначені для підрізування бур'янів і розпушування ґрунту на глибину до 6 см. Лапа складається із стояка, горизонтальної частини з лезом та щоки. Щока запобігає присипанню ґрунтом рослин. Бувають праві і ліві лапи. Перші встановлюють з правого боку рядка, а другі – з лівого. Лезо лап заточують зверху під кутом 8-100. Товщина леза – не більше 0,5 мм.

Кут γ між лінією леза і щокою становить 28-320, кут ϵ встановлення площини леза до горизонту – 150. Його називають кутом подрібнення.

Під час переміщення лапи в ґрунті її лезо перерізує коріння бур'янів, підрізує шар ґрунту, який переміщується по робочій поверхні лапи, подрібнюється і частково переміщується. Ширина захвату лап – 85 мм, 120 мм, 150 мм, 165 мм і 250 мм.

Стрілочасті плоскорізальні лапи застосовують для обробітки ґрунту на невелику глибину (до 6 см) і незначного його розпушення. Лапи характеризують кутом розхилу 2γ (60 або 700). Використовують лапи з шириною захвату 145 мм, 150 мм і 260 мм.

Стрілочасті універсальні лапи підрізають бур'яни та інтенсивно розпушують ґрунт на глибину до 12 см. їх застосовують для суцільного обробітки ґрунту та обробітки міжрядь. Кут розхилу 2γ між різальними крайками лез становить 600 і 650. Кут подрібнення $\epsilon = 28-300$ характеризує розпушувальну здатність лапи. Ширина захвату лап – 220 мм, 250 мм, 270 мм, 330 мм, 380 мм і 410 мм.

Розпушувальні долотоподібні лапи застосовують для розпушування міжрядь зв'язних і щільних ґрунтів на глибину до 16 см. Нижня частина лапи загнута вперед і має загострений носок у вигляді долота шириною 20 мм. Така лапа досить добре заглиблюється у ґрунт і під час переміщення деформує й розпушує ґрунт на всю глибину без винесення вологого шару на поверхню поля.

Оборотні та односторонні розпушувальні лапи встановлюють на культиваторах для суцільного обробітки ґрунту. Вони бувають на пружинних стояках і на жорстких. Оборотно лапа загострена з обох кінців. У разі затуплення одного кінця лапу повертають на інший. Товщина леза не повинна бути більше 1 мм. Ширина захвату лап –

30-60 мм. Глибина обробітки лап на жорстких стояках – до 22-25 см, а на пружинних – 10-12 см.

Пружинні зуби застосовують для розпушення ґрунту у захисних зонах і міжряддях. Рамку з пружинними зубами прикріплюють шарнірно до тримача просапного культиватора.

Штанговий робочий орган застосовують для суцільного обробітки ґрунту, розпушення, знищення бур'янів. Робочим органом є металевий стержень (штанга) квадратного перерізу зі стороною 22-25 мм. Вона переміщується у ґрунті на глибині до 10 см та обертається у протилежному напрямку до ходових коліс культиватора. Частота обертання штанги – в середньому 1 оберт на шляху 1,1 м. Довжина штанги – в межах 2,8-3,75 м.

Голчасті диски застосовують для руйнування ґрунтової кірки і знищення бур'янів. Вони мають загнуті в один бік загострені зуби. Діаметр дисків – 350, 450 і 520 мм.

Під час руху дисків у міжряддях і захисних зонах зуби заглиблюються в ґрунт на глибину до 9 см, розпушують його, знищують бур'яни.

Лапи-полічки використовують для підрізування бур'янів, розпушування ґрунту і присипання бур'янів ґрунтом у захисній зоні рядка. Лапа складається із стояка та криволінійної полиці лівого або правого обертання. Лапи-полічки встановлюють з лівого та правого боку рядка на відстані 25-27 см від його осі. Глибина обробітки – до 6 см.

Підживлювальний ніж застосовують для розпушування міжрядь та загортання в ґрунт добрив на глибину до 16 см. Він являє собою розпушувальну долотоподібну лапу, до якої позаду прикріплена лійка для подачі добрив на дно борозни.

Підгортальні корпуси призначені для підгортання рослин, підрізування бур'янів у міжряддях та присипання бур'янів у захисних зонах рядка. Корпус складається із стояка, двобічної полиці з розсувними крилами і носка-наральника.

Під час роботи носок-наральник корпусу підрізує ґрунт і переміщує його на ліву та праву робочі поверхні полиці, які спрямовують його в зону рядка, утворюючи гребінь. Висота гребеня ґрунту регулюється переміщенням крил корпусу за вистою.

Підгортальний корпус з решітчастою полицею має в нижній передній частині замість наральника стрілочасту лапу, а в крилах полиці – вирізи. Стрілочаста лапа корпусу підрізує ґрунт у міжрядді і подає його на полиці. Частина ґрунту розсипається через проміжки між лапою і передньою частиною полиці та падає на дно борозни. Пальці крил полиці розпушують боки гребенів і стінки борозни. Дно борозни стає розпушеним.

Для нарізування невеликих гребенів використовують однобічні підгортальні корпуси (глибина обробітки – до 16 см, висота гребеня – до 25 см).

Борознонарізувальний корпус, аричник застосовують для нарізування поливних борозен з одночасним внесенням мінеральних добрив. Корпус має наральник, двосторонню полицю, крила, лійку для добрив і стояк. Нарізує борозни глибиною до 20 см.

Ротаційна борона призначена для досходового обробітку поля, вирівнювання вершин гребенів перед садінням, знищення бур'янів у міжряддях. Використовують на вирощуванні картоплі, коренеплодів та інших культур. Ротаційна борона складається з двох барабанів з конічною і циліндричною поверхнями, тримача і рамки. На верхні барабани закріплені зуби довжиною 55 мм. Кут нахилу барабанів змінюється поворотом їх осі.

Захисні щитки застосовують для запобігання присипанню ґрунтом рослин у рядку. Щиток складається з металевого зігнутого листа і кронштейна для кріплення до гряділя робочої секції культиваторів. Розміщують його над рядком рослин.

Прополувальні борінки – це пружинні зуби, що закріплені на рамці, їх застосовують для розпушування ґрунту в міжряддях та захисних зонах. Встановлюють борінки на просапних культиваторах, шарнірно прикріплюючи їх до кронштейна тримача секції культиватора з метою кращого копіювання рельєфу ґрунту.

Ротор прополувальний призначений для розпушення ґрунту і знищення бур'янів у міжряддях з мінімальними (30-50 мм) захисними зонами.

Складається з шести розпушувачів (роторів), закріплених на диску, захисного щитка і кронштейна. Диск встановлений під кутом 20° до горизонту. Розпушувач має чотири зуби і вільно обертається на осі. Під час роботи ротор обертається від взаємодії зубів розпушувача з ґрунтом. Зуби розпушують ґрунт, захоплюють бур'яни, кидають їх на поверхню поля і присипають ґрунтом.

Широкозахватна плоскорізна лапа підрізує бур'яни і розпушує ґрунт у міжряддях. Кут

кришіння лапи – 100. Лапи бувають шириною 250 мм і 360 мм. На кінці лапи кріпиться прополувальний диск з ножами. Під час роботи диск обертається, ножі підрізують бур'яни і розпушують ґрунт. Глибина обробітку – 60-80 мм.

Щілиноріз використовують для нарізування напрямних щілин глибиною 27-30 см. Він являє собою плоский чересловий ніж. Щілинорізи встановлюють на сівалках, саджалках, культиваторах рослинопідживлювачах. Кріплення робочих органів до рами проводиться за допомогою стояків. Стояки використовують жорсткі або пружинні.

Стояки лап з'єднують жорстко з рамою або з гряділями, які шарнірно приєднані до рами.

В. Кравчук, О. Броварець, М. Новохацький, Л. Шустік вважають, що при використанні технології strip-till в овочівництві ефективними є культиватори Kress для точного міжрядного обробітку. Передбачається використання систем «автопілот» для повністю автоматичного керування просапними культиваторами. Нова технологія ґрунтується на розпізнаванні рослин за допомогою камери, підключеної до комп'ютера, який, у свою чергу, керує гідравлікою просапного культиватора. Система здійснює дуже точне керування просапною машиною, тим самим підвищуючи ефективність боротьби з бур'янами. Робочі механізми просапного культиватора видаляють бур'яни точніше, ніж це відбувається при ручному регулюванні. Управляти просапною машиною дуже просто і зручно. Помилки під час використання виключені, оскільки система робочих механізмів точно дотримується середини кожного рядка, в тому числі й на схилах [9].



Рис. 2. Залежність технологій від ґрунтових характеристик

* Джерело: узагальнено автором за [10]

Великі сільськогосподарські підприємства (агрохолдинги частка землі в обробітку яких нині становить 40–45 %), залежно від характеристик ґрунту і біологічних вимог вирощуваної культури, в основному використовують у землеробстві 2–3 технології одночасно (рис. 2).

Мульчування ґрунту – один із агротехнічних прийомів, що передбачає покриття поверхні ґрунту

різними матеріалами для захисту від надмірного нагрівання і пересихання. В якості мульчі найчастіше використовують шаром подрібнених рослинних решток. В овочівництві, крім соломистих матеріалів, використовують спеціальну багатошарову поліетиленову плівку, одна сторона якої обов'язково чорна. Можливі варіанти комбінування матеріалів,

коли гради з овочами накриваються плівкою, а міжряддя – соломю. Комбінування матеріалів обумовлюється вигідним використанням переваг кожного із матеріалів і перекриттям недоліків. Полімерні плівки практично повністю перекривають випаровування вологи і проростання бур'янів, особливо, багаторічних кореневищних, проникненню в ґрунт нового стороннього насіння принесеного вітром та інвазію деяких шкідників. В той же час чорні плівки можуть спричиняти перегрів накритого ґрунту, особливо, в початковий період, поки надземна частина рослин слабо розвинена, тому в своїх дослідках ми не використовували полімери на посадках картоплі дуже чутливої до перегріву. Крім того, плівки перекривають вільний газообмін в ґрунті, зменшують проникнення кисню у верхні шари ґрунту чим пригнічують діяльність анаеробної мікрофлори в справі розкладання зароблених органічних решток.

Для заміни плівки в наших дослідках використовувався багатошаровий рулонний картон. Використання картону дало можливість уже у перший рік дослідів справитися з пириєм без застосування гліфосатів. Картон не спричиняє перегріву ґрунту, гарно комбінується із соломю, дешевий і не потребує утилізації.

Картонні стрічки укладалися в міжряддя після появи сходів. Стик сусідніх стрічок відбувався по осі рядка що давало можливість частині ростків бур'янів прориватися вгору. Такому прориву ми запобігали накриванням картону тонким шаром подрібненої соломи. Застосування картону стало можливим завдяки відмови від таких прийомів з догляду за посадками картоплі як початкове утворення гребенів і підгортання.

Мульчування рослинними рештками є обов'язковим базовим елементом технології strip-till запозиченим із технології no-till [11]. Найбільш популярним матеріалом для мульчування в овочівництві є подрібнена солома озимої пшениці, але є варіанти, різняться також організаційні заходи здійснення мульчування.

Якщо овочі плануються після кукурудзи на зерно, то завдяки пізньому збиранню попередника підійде класична схема обробки решток. Сюди входить подрібнення і розкидання стебел комбайном при обмолоті зерна. Але так, як маси дуже багато і вона нерівномірно розподілена по полю наступною

операцією має бути обробка поля роторним мульчувачем з горизонтальним валом, наприклад МР-2,7.

Регулювання таких машин дає можливість частково перемішати ворох з ґрунтом для пришвидшення мінералізації решток. З цією ж метою можливе використання дискових агрегатів. Залежно від кількості решток стебел кукурудзи і погодних чинників перед дискуванням ми використовували деструктори для пришвидшення процесів розкладання свіжої органічної речовини загорнутої в ґрунт. Після цих операцій можна нарізати смуги під майбутню культуру. Для збільшення накопичення вологи за осінньо-зимовий період перед обробкою смуг можна провести щільовання в напрямі під кутом до майбутніх смуг.

Залежно від обраної технології разом з обробкою смуг можна внести калійні і фосфорні добрива.

Застосування соломи озимої пшениці для мульчування під наступний посів овочів ми проводили весною після посіву. Це робилось тому, що за тривалий період з середини липня до початку квітня подрібнена пшенична солома за достатньої кількості опадів практично перегнивала забираючи з ґрунту частину органічного азоту. При малій кількості опадів вона хоч і залишалась, проте тьмяніла і не могла відбивати сонячне світло за високої температури.

Відразу після обмолоту солома збиралась прес підбирачем і складувалась на краю поля. По стерні методом суцільного посіву висівались покривні культури, які використовувались потім як сидерати.

Під картоплю висівали редьку олійну, а під решту овочів – фацелію. Стерня дискувалась. В жовтні сидерати скошувались і подрібнювались мульчатором. За умов посухи 2019 року сидерати не зійшли, тому перед нарізанням смуг ми замульчували поле подрібненою соломю з розрахунку товщини шару 2-3см.

Мульчування соломю при вирощуванні овочів і картоплі потребує керування мульчею. При посіві звичайними сівалками і саджалками кожна секція дообладнувалась двома парами голчастих дисків і щитками. Пара дисків перед сошником встановлювалась для очищення смуги від решток мульчі залишеної з осені і знищення бур'янів (якщо гербіциди не використовуються) таких як мокрець, розхідник і грицики, які дуже рано проростають навіть на соломі (рис. 3).



Рис. 3. Весняні сходи часнику «Любаша» - зліва і цибулі «Шалот» посаджені по технології strip-till

* Джерело: сформовано автором

Пара дисків в кінці секції накривають частину смуги, але так щоб

залишилась відкрита рілля по 5 см від осі рядка. Щоб рештки не накрили рядок диски відгороджені від захисних зон спальними прямокутними щитками. Такий захід зменшує ширину смуги випаровування з однієї сторони і не допускає алелопатичної дії мульчі на сходи культурних рослин, особливо це важливо на посівах буряків, моркви, петрушки, цибулі сіянцю, кропу та інших прямих рослин.

Інший прийом управління мульчею ми здійснювали на посадках озимого часнику і цибулі шалот. Оскільки ці культури рушають в ріст відразу після сходження снігу виникає потреба провести ревізію мульчування міжрядь, яку ми проводили при досягненні культурою висоти 5-10 см. Для цього використовувались секції з голчастими дисками, пружинами і каточками.

Диски підривали мульчу, яка зляглася за зиму і розсували її на всю ширину міжряддя, а катки частково прокочували підняту мульчу щоб її не розносило вітром.

Крім розпушування мульчі і перерозподілу її по ширині міжряддя частково знищувались і закривались сходи бур'янів. За результатами перевірки за необхідності товщина мульчі спеціальним подрібнювачем-розкидачем доводилась до 5 см. Мульча із соломи оброблялась азотофіксуючими ЕМ-препаратами для ефективного розкладання нижнього шару соломи і усунення депресивної дії соломи на культуру (рис. 4).

Всі варіанти дослідів на картоплі крім контролю мали гладку посадку і потім не підгортались. Ревізія мульчі проводилась залежно від швидкості розкладання соломи і в разі необхідності відновлювався до товщини 3-5 см. В умовах засухи 2019 року в середині липня частину варіантів ми покрили свіжою жовтою пшеничною соломою і це дозволило знизити температуру ґрунту в зоні бульбоутворення більше ніж у два рази [11].



Рис. 4. Картопляне поле з strip-till після посадки

* Джерело: сформовано автором

Урожайність від цього збільшилась, але це не зупинило надмірне пересихання ґрунту і збирання урожаю було проведено і жовтні після випадання дощу.

Висновки. Незважаючи на традиційний консерватизм землеробів, український аграрний сектор розвивається прискореними темпами. Передові технології і підходи все частіше знаходять подальший розвиток в природно-кліматичних зонах України. І, певно, не стане винятком технологія strip-till, яка в США називається «золотою серединою» між традиційним і нульовим обробітком. Strip-till дає істотну економію паливно-мастильних матеріалів, технічних ресурсів, трудовитрат, дозволяє сіяти на полях з великою кількістю пожнивних залишків, забезпечує можливість диференційованого і точного внесення різних типів добрив, сприяє значному зменшенню витрат на систему

живлення рослин, допомагає зниженню ерозії. В Strip-till поєднується цілий набір чинників, які дозволяють зберегти в ґрунті життєво важливу вологу. Важливим є те, що обробляється лише 30% поля, а інше залишається фактично під паром. Ґрунт при цьому не обертається, волога не втрачається, що може бути вирішальними чинниками для формування та збереження урожаю. Навіть на оброблюваній смузі завширшки до 25 см ґрунт обробляється один або, максимум, два рази, коли технологія реалізується в два етапи: восени – нарізання смуг і внесення добрив, весною – сівба. Мульчування рослинними рештками є обов'язковим базовим елементом технології strip-till запозиченим із технології no-till. Мульча потребує періодичного контролю і управління. Крім того, опади локалізуються в кореневій зоні; після обробітку збі-

льшується пористість ґрунту, що дозволяє акумулювати вологу. Наведена класифікаційна модель робочих органів для технології strip-till дасть можливість правильно підібрати робочі органи залежно від типу виконуваної технологічної операції. Багато підприємств України (переважно великі агрокомпанії) переходять на використання технології strip-till. Технологія смугового обробітку ґрунту викликає величезний інтерес у холдингів та у всіх, хто мислить на перспективу. Крім того, це актуально також для середніх і невеликих господарств. Кліматичні та інші чинники спонукають до пошуку альтернативних агротехнологій, і в цьому випадку strip-till є ефективним вибором.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Мокряков А. Чому Україна не стала лідером на ринку овочів? Шість причин та плани на майбутнє. URL: <https://agravery.com/uk/posts/show/comu-ukraina-ne-stala-liderom-na-rinku-ovociv-sist-pricin-ta-plani-na-majbutne>. [Mokriakov A. Chomu Ukraina ne stala liderom na rynku ovociv? Shist prychyn ta plany na maibutnie. URL: <https://agravery.com/uk/posts/show/comu-ukraina-ne-stala-liderom-na-rinku-ovociv-sist-pricin-ta-plani-na-majbutne>. (in Ukrainian)].
2. Глобальное потепление в Ураине быстрее, чем во всем мире. URL: <https://inshe.tv/proisshesestviya/2020-03-06/513407/> [Hlobalnoe poteplyeniye v Urayne bystree, chem vo vsem myre. URL: <https://inshe.tv/proisshesestviya/2020-03-06/513407/> (in Ukrainian)].
3. Томашівський З.М. Системи обробітку ґрунту в Україні та світі / З.М. Томашівський, В.Я. Іванюк // АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ҐРУНТОЗНАВСТВА, ЗЕМЛЕРОБСТВА ТА АГРОХІМІЇ: Матеріали Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, присвяченої 95-річчю утворення кафедри ґрунтознавства, землеробства та агрохімії ЛНАУ та Міжнародному Дню агрохімії. Львів. 2014. С.156-160. [Tomashivskiy Z.M., Ivaniuk V.Ya. Systemy obrobittu hruntu v Ukraini ta sviti // AKTUALNI PROBLEMY GRUNTOZNAVSTVA, ZEMLEROBSTVA TA AHROKHIIMII: Materialy Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi internet-konferentsii, prysviachenoi 95-richchiu utvorennia kafedry gruntoznavstva, zemlerobstva ta ahrokhimii LNAU ta Mizhnarodnomu Dniu ahrokhimika. Lviv. 2014. S.156-160. (in Ukrainian)].
4. Нюанси в родючості ґрунтів залежно від способу їх обробітку. URL: <http://agrotechnology.com/tochnoe-zemledelie/teoriya/kartoplya-bez-oranki>. [Niuansy v rodiuchosti hruntiv zalezno vid sposobu yikh obrobittu. URL: <http://agrotechnology.com/tochnoe-zemledelie/teoriya/kartoplya-bez-oranki>. (in Ukrainian)].
5. Follet R.F., Schimel D.S. Effect of tillage practices on microbial biomass dynamics // Soil Science Society America Journal. 1989. № 4. Vol. 53. P. 1091–1096.
6. Фермер вирощує картоплю без плуга. URL: <https://agrotimes.ua/ovochi-sad/fermer-vyroshhuye-kartoplyu-bez-pluga/> [Fermer vyroshchuie kartopliu bez pluha. URL: <https://agrotimes.ua/ovochi-sad/fermer-vyroshhuye-kartoplyu-bez-pluga/> (in Ukrainian)].
7. Шустік Л. Застосування смугового обробітку в малих та середніх господарствах / Л. Шустік, В. Громадська // АГРАРНА ТЕХНІКА ТА ОБЛАДНАННЯ. 2018. №1. С. 56-60. [Shustik L., Hromadska V. Zastosuvannia smuhovoho obrobittu v malykh ta serednikh gospodarstvakh. // AHRARNA TEKHNİKA TA OBLADNANNIA. 2018. № 1. S. 56-60. (in Ukrainian)].
8. Броварець О. Класифікаційна модель робочих органів для технології strip-till / О. Броварець // ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ РОЗВИТКУ ТА ВИПРОБУВАННЯ НОВОЇ ТЕХНІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА УКРАЇНИ: збірник наук. пр. / ДНУ «Український науково-дослідний інститут прогнозування та випробування техніки і технологій для сільськогосподарського виробництва імені Леоніда Погорілого» (УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого). Дослідницьке. 2014. Вип. 18 (32). С. 77-87. [Brovarets O. Klsayfikatsiina model robochikh orhaniv dlia tekhnolohii strip-till // TEKHNİKO-TEKHNOLOHİCHNİ ASPEKTY ROZVYTUKU TA VYPROBUVANNIA NOVOI TEKHNİKY I TEKHNOLOHII DLIa SILSKOHO HOSPODARSTVA UKRAINY: zbiryk nauk. pr. / DNU «Ukrainskyi naukovo-doslidnyi instytut prohnozuvannia ta vyprobuvannia tekhniky i tekhnolohii dlia silskohospodarskoho vyrobnytstva imeni Leonida Pohoriloho» (UkrNDIPVT im. L. Pohoriloho). Doslidnytske. 2014. Vyp. 18 (32). S. 77-87. (in Ukrainian)].
9. Кравчук В. Технологія Strip-Till на вирощуванні сільськогосподарських культур / К. Кравчук, О. Броварець, М. Новохацький, Л. Шустік // ТЕХНІКА І ТЕХНОЛОГІЇ АПК. 2014. №4. С. 7–12. [Kravchuk V., Brovarets O., Novokhatskyi M., Shustik L. Tekhnolohiia Strip-Till na vyroshchuvanni silskohospodarskykh kultur // TEKHNİKA I TEKHNOLOHII APK. 2014. № 4. S. 7–12. (in Ukrainian)].
10. Россоха В.В. Технологічні трансформації в агропромисловому виробництві України: тенденції та результати / В.В. Россоха, Д.О. Соколов // ІННОВАЦІЙНИЙ РОЗВИТОК ЕКОНОМІКИ: ПРОЦЕСИ ТА ЯВИЩА : монографія / за заг. ред. В. Я. Швеця ; Мін-во освіти і науки України, Держ. вищ. навч. закл. «Нац. гірн. ун-т». - Д. : [б. в.], 2013. - С. 430-474. [Rossokha V.V., Sokolov D.O. Tekhnolohichni transformatsii v arhopromyslovomu vyrobnytstvi Ukrainy: tendentsii ta rezultaty. INNOVATsIINYI ROZVYTOK EKONOMIKY: PROTSESY TA YaVYShchA : monohrafiia / za zah. red. V. Ya. Shvetsia ; Min-vo osvity i nauky Ukrainy, Derzh. vyshch. navch. zakl. «Nats. hirn. un-t». - D. : [b. v.], 2013. - S. 430-474. (in Ukrainian)].
11. Томчук В.В. Управління поживними речовинами і мульчею / В.В. Томчук // THE SCIENTIFIC HERITAGE. 2020. № 46. VOL.2. С. 35-45. [Tomchuk V.V. Upravlinnia pozhnyvnymi reshtkami i mulcheiu // THE SCIENTIFIC HERITAGE. 2020. № 46. VOL.2. S. 35-45. (in Hungary)].

12. Томчук В.В. Перспективи застосування технології Strip-till у контексті зменшення антропогенного навантаження на ґрунт / В.В. Томчук // SLOVAK INTERNATIONAL SCIENTIFIC JOURNAL. 2020. № 39. VOL.1.C. 11-20. [Tomchuk

V.V. Perspektyvy zastosuvannia tekhnolohii Strip-till u konteksti zmenshennia antropohennoho navantazhennia na grunt // SLOVAK INTERNATIONAL SCIENTIFIC JOURNAL. 2020. № 39. VOL.1.S. 11-20. (in Slovak)].

ENVIRONMENTAL ASSESSMENT OF SOIL POLLUTION AND AGRICULTURAL PRODUCTS FOR THE CONTENT OF RADIONUCLIDES

Yakovets L.

*Candidate of Agricultural Sciences,
Assistant of the Department of Botany, Genetics and Plant Protection,
Faculty of Agronomy and Forestry,
Vinnytsia National Agrarian University*

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВЫ И СЕЛЬКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ ПО СОДЕРЖАНИЮ РАДИОНУКЛИДОВ

Яковец Л.А.

*Кандидат сельскохозяйственных наук,
ассистент кафедры ботаники, генетики и защиты растений
факультета агрономии и лесоводства,
Винницкий национальный аграрный университет*

Abstract

The article presents the results of studies to determine the environmental assessment of soil pollution and agricultural products by the content of radionuclides. The study of the most common mineral fertilizers. It was found that ammonium nitrate, urea, ammonium sulfate and nitroammophosk in their composition contain radioactive ^{137}Cs . It was found that cereals accumulate less ^{137}Cs among the studied crops. The content of radionuclides in leguminous crops was minimal, in soybeans and peas, two times higher than in cereals.

According to the results of a review of scientific literature, it was established that the assimilation of radionuclides from the soil by plants during their mineral nutrition depends primarily on the bioavailability of the radionuclide, which is determined by the physicochemical nature of the nuclides and the agrochemical properties of soils, as well as the biological characteristics of the crops.

Аннотация

В статье приведены результаты исследований по определению экологической оценки загрязнения почвы и сельскохозяйственной продукции по содержанию радионуклидов. Проведено исследование самых распространенных минеральных удобрений. Установлено, что аммиачная селитра, карбамид, сульфат аммония и нитроаммофоска в своем составе содержат радиоактивный ^{137}Cs .

Установлено, что среди исследуемых сельскохозяйственных культур меньше накапливают ^{137}Cs зерновые злаковые культуры. Содержание радионуклидов в зернобобовых культурах было минимальным, в сое и горохе в два раза выше, чем в злаковых культурах.

По результатам обзора научной литературы установлено, что усвоение радионуклидов из почвы растениями в процессе их минерального питания зависит в первую очередь от биологической доступности радионуклида, которая определяется физико-химической природой нуклидов и агрохимическими свойствами почв, а также биологическими особенностями культур.

Keywords: pollution, soil, agricultural products, radionuclides, mineral fertilizers

Ключевые слова: загрязнение, почва, сельскохозяйственная продукция, радионуклиды, минеральные удобрения.

Прошло 34 года после Чернобыльской катастрофы. За это время Украина, при активной помощи мирового сообщества, выполнен беспрецедентный по масштабам и видам объем работ, направленных на локализацию, минимизацию и ликвидацию последствий аварии. Однако последствия этой глобальной катастрофы продолжают негативно влиять на экономику страны в целом и на аграрный сектор в частности [1].

Вместе с тем, природные процессы, происходящие на загрязненных территориях, также меняют ситуацию, медленно проходит реабилитация зоны,

подвергшейся воздействию радиоактивной нагрузки [1]. Поэтому, за время, прошедшее после аварии на ЧАЭС актуальным для Украины, является анализ изменений и современного состояния радиационного загрязнения почв и выращенной на этих почвах сельскохозяйственной продукции.

Ученые утверждают, что современный удаленный послеварийный период характеризуется радиоактивным загрязнением фитомассы долгоживущими радионуклидами за счет корневого поступления. Загрязнение этими радионуклидами может длиться десятки и сотни лет [1].

В Украине, начиная со второго года после аварии, основным дозообразующим радионуклидом был ^{137}Cs , который остается таким и в отдаленный период. Это определило широкий научный интерес относительно исследований миграции ^{137}Cs трофическими цепями [1].

В результате взрыва на ЧАЭС в атмосферу попали радиоактивные изотопы многих элементов. В настоящее время наибольшую опасность представляют радионуклиды цезия и стронция, которые имеют период полураспада более 30 лет.

Главным критерием оценки радиационной обстановки агроэкосистем на сегодня есть радиоактивное загрязнение почвы и сельскохозяйственной продукции. Критичность, с точки зрения миграции радионуклидов в агроэкосистемах, обусловлена именно миграцией радионуклидов по трофическим цепям животных и человека, начальным звеном которых является почва. Интенсивность биогенной миграции радионуклидов в первом звене трофической цепи «почва-растение» обуславливает и дальнейшее их поступления в сельскохозяйственную продукцию и далее в организм человека.

Радионуклиды, которые выбрасываются в атмосферу, в конечном итоге попадают в почву, частично вымываются в иллювиальный горизонт на грунтовые воды. Однако почва достаточно прочно удерживает радиоактивные вещества, которые долгое время находятся в пахотном слое, откуда постоянно мигрируют в сельскохозяйственную продукцию. Таким образом, при загрязнении территории, почва является постоянно действующим источником поступления радионуклидов в растения, корма животных и пищу человека [2].

Накопление радионуклидов в продукции зависит от многих факторов, среди которых главным является уровень загрязнения почвы и его агрохимические и водно-физические характеристики. Влияние этих факторов на интенсивность миграции радионуклидов в пищевых цепях количественно оценивают с помощью коэффициентов пропорциональности накопления радионуклидов из почвы в растения КП (Бк/кг:кБк/м²). Уменьшение подвижности радионуклидов в почвах со временем приводит к постепенному снижению коэффициентов перехода.

Факторы, определяющие интенсивность перехода радионуклидов из почвы в растения, можно разделить на три основные группы [3]:

- формы нахождения радионуклидов в почве и почвенном растворе;
- агрохимические свойства почвы такие, как сорбционная емкость, фиксирующая способность почвы, концентрация обменных ионов в почвенном растворе;
- видовые биологические особенности.

Основной путь перехода радионуклидов в сельскохозяйственную продукцию является корневое усвоения.

Между степенью и интенсивностью поглощения радионуклидов почвой и накоплением их растениями существует обратная связь: факторы, обу-

словливающие более полное поглощение радионуклидов грунтовым поглощающим комплексом, приводят к меньшему накоплению растениями.

Почвенный поглощающий комплекс не только предотвращает выщелачиванию элементов из почвы, но и выступает в качестве конкурента корневой системы растений при усвоении воды и ионов.

Главным фактором, определяющим поступление радионуклидов в растения через корни, является состав почвенного раствора и концентрация в нем радионуклида. Концентрация радионуклидов в растениях зависит не только от концентрации их в почве в целом, но прежде всего от распределения между твердой и жидкой фазами почвы [4].

Переход радионуклидов из почвенного раствора в растения можно разделить на две стадии: сорбция с почвенного раствора на корневом обменном комплексе клеточной стенки и перенос через мембрану растительной клетки. Механизм усвоения радионуклидов корнями растений подобный поглощения основных питательных веществ - макро- и микроэлементов. Основное отличие в том, что в большинстве случаев радионуклиды присутствуют в предельно низких концентрациях.

Усвоения радионуклидов из почвы растениями в процессе их минерального питания зависит в первую очередь от биологической доступности радионуклида, которая определяется физико-химической природой нуклидов и агрохимическими свойствами почв, а также биологическими особенностями культур.

Калий (K) – один из самых необходимых для растений элементов питания. В почве он находится в составе минералов в долях коллоидов, в органических остатках и в виде минеральных солей [4].

Калий является основным элементом питания растений. К тому же он, как конкурент, снижает накопление ^{137}Cs . В результате, чем выше содержание калия в почве относительно ^{137}Cs , тем меньшее количество радионуклида будет усваиваться корневой системой растения. Однако, чем богаче почвы аналогами, тем больше надо их внести в почву для получения эффекта снижения накопления соответствующих радионуклидов. Так, при содержании в почве обменного калия 1 мг/100 г почвы, дополнительное его внесения 60 кг/га с удобрениями увеличивает его содержание в почве на 2 мг/100 г почвы. Суммарное его содержание увеличивается до 3 мг/100 г почвы, а отношение ^{137}Cs к калию в почве снижается в 3 раза. В этом случае содержание радионуклида в урожае всех культур также должен снизиться в 3 раза. Таким образом, механизм воздействия калийных удобрений действует при любой дозе внесения калия в каждую по калийному обеспечению группу почв. При содержании в почве обменного калия 20 мг/100 г почвы, даже внесение с удобрениями 600 кг/га калия увеличивает его содержание в почве только в 2 раза, и отношение ^{137}Cs в калии в почве также снижается лишь в 2 раза [4].

Главную роль в процессе поглощения радиоактивного цезия почвами играет характер гумуса, который влияет на соотношение между минеральной

и органической частями почвы. Поглощение ^{137}Cs органикой почвы зависит не только от общего количества гумуса в почвенном горизонте, а и от его количественного и качественного состава. Опытами доказано сильнее связь ^{137}Cs с гуминовыми, чем фульвокислоты. Некоторые компоненты гумуса содержат функциональные группы, которые способны образовывать координационные связи с ионами ^{137}Cs (растворимые комплексные соединения). Так как значительная часть грунтовых комплексообразователей имеет достаточно высокую растворимость, образование комплексов приводит к переходу в раствор ранее адсорбированных форм радионуклида, а отсюда, к более быстрой их миграции [4].

Поведение радионуклидов в звене «почва-растение» аналогично поведению макроэлементов [4], а их поступления в урожай зависит от агрохимических свойств почвы и биологических особенностей растений. Поступления радионуклидов в растения происходит интенсивнее с супесчаных и песчаных почв, чем из почв тяжелого механического состава [5, 6]. Это связано с тем, что илистые фракции чернозема в большей степени снижают поступление ^{137}Cs в растения по сравнению с фракцией ила дерново-подзолистой почвы, что можно объяснить их различным минералогическим составом и количественным показателям.

Минеральные удобрения являются одним из наиболее эффективных средств повышения плодородия почв, урожайности и улучшения качества продукции растениеводства. С их помощью происходит управление процессами питания растений, меняется качество урожая и осуществляется воздействие на плодородие, физико-химические и биологические свойства почвы [7].

В последние годы резко увеличилось внесения минеральных удобрений под основные сельскохозяйственные культуры. Это существенно повышает урожайность, однако, экологическая безопасность такой продукции может ухудшиться [7].

В первое десятилетие после аварии на ЧАЭС интенсивно проводились агрохимические защитные меры, что позволило получать сельскохозяйственную продукцию с не превышением в ней допустимых уровней содержания ^{137}Cs [8]. Согласно данным исследований эффективность агромероприятий с внесением минеральных удобрений и извести на органогенных почвах составляла 1,5–2,0 раза, а на минеральных – от 1,8 до 3,0 раз. Были определены оптимальные дозы внесения минеральных удобрений и мелиорантов на различных типах почвы для широкого спектра сельскохозяйственных культур в соотношении N:P:K = 1:1,5:2 и 1,5 Нг – для извести. Некоторые зарубежные авторы указывают на то, что эффективность защитных мероприятий уменьшается со временем после выпадений радионуклидов [9, 10].

Учеными установлено, что внесение только одного азота приводит к увеличению накопления ^{137}Cs до 2-х раз, а применение в комплексе с другими удобрениями снижает эффективность калийного удобрения. Внесение одного фосфора, как

правило, снижает накопление ^{137}Cs в урожай до 2-х раз [4].

Учеными радиозкологами научно доказано, что соотношение N:P:K в балансе питания растений должно соответствовать следующему: 1:1, 5:2. То есть, содержание калия в питании растений должен преобладать, тогда будет обеспечено снижение загрязнения урожая ^{137}Cs . Особенно важно соблюдать такого соотношения на бедных калием почвах.

Негативные последствия применения минеральных удобрений связывают с тем, что они, наряду с основными биогенными элементами часто содержат различные примеси в виде солей тяжелых металлов, органических соединений, радиоактивных изотопов, что может привести к негативному воздействию на окружающую среду, растениеводческой продукции, животный мир, здоровья людей, работающих с удобрениями и населения в целом [11].

Сырье для получения минеральных удобрений – фосфориты, апатиты, сырые калийные соли – как правило, содержит значительное количество примесей – до 5% и более. С токсичных элементов могут присутствовать мышьяк, кадмий, свинец, фтор, стронций, которые должны рассматриваться, как потенциальные источники загрязнения окружающей среды и строго учитываться при внесении в почву минеральных удобрений [12].

По результатам наших исследований установлено, что наиболее распространенными видами минеральных удобрений, используемых при выращивании сельскохозяйственных культур с азотных удобрений является аммиачная селитра, карбамид и сульфат аммония, а из комплексных – нитроаммофоска. При выращивании зерновых культур чаще всего используют азотные удобрения, а технических культур – сочетание азотных удобрений с нитроаммофоской [7].

На сегодняшний день производители повышают нормы внесения минеральных удобрений при выращивании озимой пшеницы, как основной продовольственной и прибыльной культуры до 200 кг/га и более минерального азота. При использовании аммиачной селитры, ее физическая норма внесения составит 592 кг/га, карбамид – 431 кг/га, сульфат аммония – 962 кг/га и нитроаммофоски – 1227 кг/га (табл. 1). Однако, нитроаммофоска в своем составе также содержит фосфор и калий, что будет способствовать более полноценному усвоению растениями питательных веществ [7].

По результатам лабораторного анализа установлено, что аммиачная селитра содержит 33,8% азота, карбамид – 46,4%, сульфат аммония – 20,8%, нитроаммофоска – 16,3%, что соответствует стандартам.

Сера была обнаружена только в сульфате аммония – в количестве 23,9%. Теоретически сера могла присутствовать еще в нитроаммофоске, но лабораторный анализ ее не обнаружил. С сульфата аммония в почву поступит 224 кг/га серы.

Радиоактивный ^{137}Cs присутствовал во всех минеральных удобрениях. Больше всего он был в

нитроаммофоске – 7,7 Бк/кг, а меньше всего – в аммиачной селитре – 6,5 Бк/кг.

Установлено, что наиболее удельная загрязненность площади поля радиоактивным ^{137}Cs будет

наблюдаться при внесении нитроаммофоски и составит 94,5 Бк/га. Наименее удельная загрязненность площади поля радиоактивным ^{137}Cs будет наблюдаться при внесении карбамида и составит 28,4 Бк/га.

Таблица 1

Содержание токсичных веществ в почве, которые поступили с минеральными удобрениями при выращивании озимой пшеницы при норме минерального азота 200 кг / га

Минеральные удобрения	Лабораторный анализ			Физический вес минерального удобрения, кг/га	Количество токсикантов в почве	
	азот, %	сера, %	^{137}Cs , Бк/кг		сера, кг/га	^{137}Cs , Бк/га
Аммиачная селитра	33,8	–	6,5	592	–	38,5
Карбамид	46,4	–	6,6	431	–	28,4
Сульфат аммония	20,8	23,9	6,7	962	224	64,5
Нитроаммофоска	16,3	–	7,7	1227	–	94,5

Следовательно, при внесении 200 кг/га минерального азота под озимую пшеницу всего необходимо использовать физического веса нитроаммофоски, а меньше карбамида. Загрязненность почвы серой будет происходить только при внесении сульфата аммония, а радиоактивным ^{137}Cs – при внесении всех исследуемых минеральных удобрений. Наиболее радиоактивным минеральным удобрением (по ^{137}Cs) при внесении на 1 га будет нитроаммофоска. Поэтому для уменьшения интоксикации почвы серой и ^{137}Cs необходимо ограничить использование сульфата аммония и нитроаммофоски или ограничить нормы их внесения.

Известно, что наибольшее количество радионуклидов накапливается в вегетативных и меньше – в репродуктивных органах растений. Поэтому ^{137}Cs концентрируется в зерне культур значительно меньше, чем в соломе. Калиефильные растения накапливают большее количество ^{137}Cs . В плодах овощных культур содержится значительно больше калия, чем в зерне зерновых. Поэтому овощи интенсивнее накапливают ^{137}Cs , чем зерновые.

Зерновые культуры имеют очень существенное значение в питании человека. Поскольку стронций и цезий в основном содержатся во внешних оболочках пшеничного зерна, то при помоле они переходят в продукты, сопутствующие производству муки. Для различных сортов муки это распределение отличается.

На основе проведенных исследований установлено, что при этом, соответственно от 3% до 40% радиоизотопов цезия и от 18% до 21% – стронция, содержащиеся в нечищеном зерне, поступают в муку [13]. Остальное количество радионуклида остается в отрубях, и они могут вносить значительный вклад в загрязнение пищевых продуктов при их включении в цепь «корм-животное». Чем выше сорт муки, тем меньше в нем содержание радиоизотопов.

Исследование распределения активности ^{137}Cs между фракциями в процессе переработки злаков с активностью 100 Бк/кг (пшеница) и 250 Бк/кг (рожь) и получения макаронных изделий и хлеба [13] показали, что 75% активности целого зерна пшеницы поступало к отрубям и 25 % – к муке.

Фактор снижения составлял 0,35 на 1 кг муки и фактор обогащения – 2,5 на 1 кг отруби. Для ржи фактор снижения или обогащения цезием для муки высшего сорта – 0,63, для муки грубого помола – 1,78, для отрубей – 2,3.

Твердую пшеницу перерабатывали на крупу с выходом 40, 60 и 67%. Значительной разницы между отдельными видами продукции не наблюдали. Среднее относительное загрязнения цезием крупы, муки и отрубей составляло соответственно 0,6, 0,9 и 2,5 по сравнению с первоначальным зерном.

Установлено, что среди исследуемых сельскохозяйственных культур меньше накапливают ^{137}Cs зерновые злаковые культуры. Коэффициент перехода радионуклида в зерно ржи озимой был в 3,5 раза выше, чем в зерне кукурузы и в 5 раз выше, чем в зерне овса. Однако максимальное накопление ^{137}Cs характерно для зернобобовых культур. Среди представителей группы зернобобовых культур минимальное содержание радионуклида было в зерне бобов, в сое и гороха – практически вдвое выше, чем в зерновой группы.

Нами была проведена оценка влияния систем удобрения на степень радиоактивного загрязнения сельскохозяйственной продукции на участках с плотностью загрязнения ^{137}Cs 235–340 кБк/м², ^{90}Sr – 5 кБк/м² и удельной активностью ^{137}Cs в почве от 135 ± 315 Бк/кг и ^{90}Sr от $45,4 \pm 12,0$ Бк/кг соответственно.

По результатам полученных данных (табл. 2), установлено, что за внесение во время сева кукурузы полного минерального удобрения в дозе $\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{90}$ на 1 га коэффициент накопления ^{90}Sr в зерне был выше на порядок, а коэффициент перехода – в 35 раз, чем соответствующие коэффициенты ^{137}Cs .

Удельная активность ^{137}Cs в вегетативной массе кукурузы варьирует в пределах 87–132 Бк/кг, то есть не превышает допустимых уровней загрязнения и может использоваться на корм животным без ограничений. В зерне кукурузы удельная активность ^{137}Cs и ^{90}Sr составляет соответственно 51,0 и 19,9 Бк/кг, то есть соответствует верхней границе допустимого уровня загрязнения для продовольственного зерна.

Накопление радионуклидов ^{137}Cs в зерне сои в 6 раз было выше, чем в зерне кукурузы, а загрязнение зерна сои радионуклидами ^{90}Sr почти на 2 порядка ниже, чем вегетативная масса сои – стебель и

стручки – в 1,9 и 5,9 раза больше загрязнены радионуклидами ^{137}Cs , чем кукуруза.

Таблица 2

**Загрязнение растений кукурузы, пшеницы и сои ^{137}Cs и ^{90}Sr , Бк/кг
(2016–2019 гг.)**

Виды образцов	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs		⁹⁰ Sr	
			КП	КН	КП	КН
<u>Кукуруза:</u>						
Стебель (без листьев)	87,0±22,0	—	0,27	0,06	—	—
Листья	132,0±33,0	—	0,41	0,10	—	—
Стержни кочанов (без зерна)	89,0±22,0	—	0,28	0,06	—	—
Оберточные листья кочанов	108,0±27,0	—	0,34	0,08	—	—
Зерно	51,0±13,0	19,9±4,0	0,16	0,04	4,10	0,41
<u>Пшеница:</u>						
Солома	12	7	0,05	0,003	1,4	0,07
Зерно	427	25	1,85	0,19	5,4	0,26
<u>Соя:</u>						
Зерно	1300	15,3	0,96	0,23	2,10	0,21
Листья	227,0	276,0	0,17	0,40	3,79	0,38
Стебель	169	59,5	0,13	0,03	8,16	0,81
Корни	270	76,0	0,20	0,05	10,43	1,04
Стручки	638	90,4	0,47	0,11	12,40	1,24

Итак, установлено, что при использовании минеральных удобрений больше радиоактивного ^{137}Cs поступит в почву при внесении нитроаммофоски, а также исследовано, что загрязненность почвы серой будет происходить только при внесении сульфата аммония. А также, по результатам собственных исследований установлено, что среди исследуемых сельскохозяйственных культур меньше накапливают ^{137}Cs зерновые злаковые культуры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Охрана плодородия почв. Научный сборник. Выпуск 7. Киев, 2011. С. 157.
2. Черний Б. Е., Дзяба Г. М. Динамика загрязнения сельскохозяйственных угодий радионуклидами цезия-137 и стронция-90 в Тернопольской области. Научно-методический журнал. Т. 82. Вып. 69. Николаев: Изд-во МГТУ им. П. Могила, 2008. С. 95.
3. Сельскохозяйственная радиэкология. под ред. Р. М. Алексахина. М.: Экология, 1991. С. 218.
4. Гродзинский Д. М., Гудков И. М. Радиобиологические эффекты у растений на загрязненной радионуклидами территории. Чернобыль. Зона отчуждения: сб. науч. пр. НАН Украины. К.: Наук. мнение, 2001. С. 325–377.
5. Перепелятников Г. П. Основы общей радиэкологии. К.: Аттика, 2008. 460 с.
6. Проблемы экологии лесов и лесопользования в Полесье Украины: науч. пр. Полесского филиала УкрНИИЛХА. Житомир, 2002. Вып. 3 (9). С. 118–139.

7. Яковец Л. А. Экологическая опасность применения наиболее распространенных минеральных удобрений. Техничко-технологические аспекты развития и испытания новой техники и технологий для сельского хозяйства Украины. Исследовательское, 2017. №21 (35). С. 298–301.

8. Gudkov I.M. Comparative efficiency of countermeasures in agriculture at the radioactive-contaminated territories. Agricultural Science and Practice. 2014. V. 1, №1. P. 72–77.

9. Jacob P. et al., Remediation strategies rural territories contaminated by the Chernobyl accident. J. Envir. Radioact. 56, 2001, p. 51–76.

10. Марчук И. У. Розстальний В. Н., Макаренко В. Е. Удобрения и их использование: Справочник. К.: Аристей, 2011. 254 с.

11. Москаленко А.М., В.В. Волкогон. Экономическое обоснование экологически безопасной стратегии применения минеральных удобрений. Актуальные проблемы экономики. 2015 №9. С. 286–293.

12. Root uptake of ^{137}Cs by natural and semi-natural grasses as a function of texture and moisture of soils. N. Grytsyuk [et al.]. J. of Environ. Radioactivity. 2006. 85. P. 48–58.

13. Домарецкий В. А., Остапчук Н.В., Украинец А. И. Технология пищевых продуктов. К.: НУХТ, 2003. 569 с.

ARCHITECTURE

SEARCH OF NATIONAL STYLE IN WESTERN UKRAINE'S SACRAL ARCHITECTURE IN THE POST-SOVIET PERIOD

Diachok O.

*Candidate of Architecture, Associate Professor,
Doctoral Student of the Department of Design and Fundamentals of Architecture of
Lviv Polytechnic National University, Ukraine*

ПОШУК НАЦІОНАЛЬНОГО СТИЛЮ В САКРАЛЬНІЙ АРХІТЕКТУРІ ЗАХІДНОЇ УКРАЇНИ У ПОСТРАДЯНСЬКИЙ ПЕРІОД

Дячок О.

*кандидат архітектури, доцент,
докторант кафедри дизайну та основ архітектури
НУ «Львівська політехніка», Україна*

Abstract

The article is devoted to the problem of finding national style in temple construction in the territory of Western Ukraine in the post-Soviet period. The study analyzes the creative work of contemporary Ukrainian architects involved in the process of reviving sacred construction. An analysis of the volume and spatial compositions of modern temples in the study area is conducted, which demonstrates the search for the modern image of the Ukrainian Church.

Анотація

Стаття присвячена проблемі пошуку національного стилю у храмовому будівництві на території Західної України у пострадянський період. У дослідженні проаналізовані творчі роботи сучасних українських архітекторів, що долучилися до процесу відродження сакрального будівництва. Проведений аналіз об'ємно – просторових композицій сучасних храмів на досліджуваній території, який демонструє пошук сучасного образу української Церкви.

Keywords: sacral architecture, national style, Ukrainian architects.

Ключові слова: сакральна архітектура, національний стиль, українські архітектори.

Постановка проблеми. У кінці 19 – на початку 20 століття історичні процеси у Західній Україні призвели до національно-суспільного піднесення та сприяли пошуку національного стилю у храмовому будівництві [8, с. 319-329]. У цей період творили такі видатні українські архітектори: Сильвестр Гавришкевич, Лев та Іван Левинські, Василь та Євген Нагірні, Роман Грицай, Олександр Лушпинський, Яків Рудницький та інші. Вони своєю наполегливою працею задекларували новий – «неоукраїнський» сакральний стиль, у якому виразно проглядалися самобутні риси архітектури української церкви, сформовані на образних архетипах української церковної архітектури княжої доби та українського козацького бароко [5].

Враховуючи скромні економічні можливості населення, церкви українських архітекторів були простими і вимагали невеликих коштів, але вони виразно вказували на принципову відмінність від західного католицького сакрального будівництва і сьогодні є окрасою міст і сіл на українській етнічній території. Одним із основних формотворчих принципів у сакральній архітектурі стала стилізація під народне мистецтво. Перехід від історизму до модернізму, пошук сучасного українського мистецького стилю хронологічно співпав із зростанням національної свідомості народу [9, 114-121]. У 1939 році із приходом в Західну Україну радянської

влади та приєднанням цієї території до СРСР будів - які експерименти в сакральній архітектурі, як і церковне будівництво загалом, були перервані. Новий етап у будівництві храмів наступив лише у 1991 році із проголошенням незалежності України [6, 7].

Більшість сучасних західноукраїнських архітекторів має пряме відношення до процесу проектування, будівництва нових храмів і реставрації та відбудови старих, звертаючись до образів автентичної сакральної архітектури [4]. Проте, пошук сучасного національного стилю в сакральній архітектурі продовжується і сьогодні, що робить дослідження актуальним.

Аналіз останніх досліджень та публікацій.

Значним вкладом у розвиток архітектурознавчої науки про сакральну архітектуру України є публікації сучасних вчених: Бондаренка І. (1999; 2009), Бевза М. (1993; 2001; 2003), Бойко О. (1998), Вуйчика В. (1996; 2004), Лінди С. (2010, 2013), Криворучко Ю. (1998; 2004; 2006), Пламєницької Є. (2001), Тараса Я. (1998; 2007; 2013), Рибчинського О. (2005; 2015), Ричкова П. (1995), Рудницького А. (2006; 2008), Слободяна В. (1996; 2015; 2017; 2019), Слепцова О. (2012), Черкеса Б. (2000; 2003; 2008; 2010; 2019) та ін. У їх наукових роботах знаходимо інформацію про окремі періоди та регіональні особливості розвитку сакральної архітектури, проблеми збереження та охорони культурної

спадщини, дослідження українських дерев'яних храмів, церкви окремих конфесій, питання традиції та національної ідентичності у новій українській архітектурі, тощо. Роботи вчених містять багато фактичного матеріалу із залученням архівних джерел та польових досліджень, дають матеріал для аналізу і формують джерельну базу наукових досліджень.

Питанням класифікації, типології, планувальної структури сакральних комплексів та окремих об'єктів присвятили свої дослідження Горбик О.(2003), Дибя Ю.(2001), Дячок О. (2013; 2017; 2019), Лесик О. (1993; 1997), Станкевич М.(2010), Хохонь М.(2015) Чень Л. (2007; 2013) та інші.

Ряд науковців звертались до історико - архітектурного аналізу формування, розвитку та питань збереження і реставрації пам'яток архітектурної і містобудівної спадщини України. Серед них праці: Вечерського В. (2001; 2007; 2013), Вуйцика В. (1996; 2004), Годованюк О.(2004), Тимофійка В.(2003) та ін. Проте усі праці не розкривають нам загальної картини розвитку сакральної архітектури в регіоні у пострадянський період.

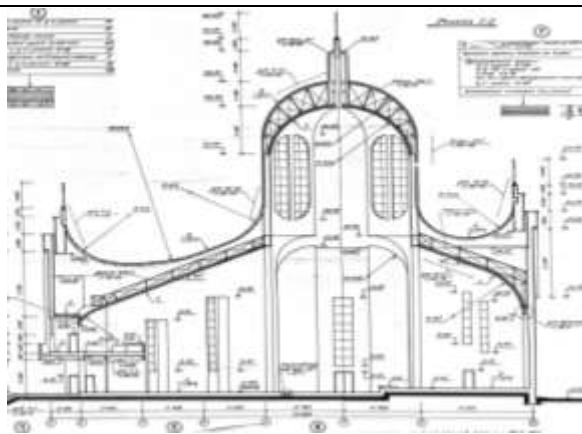
Виклад основного матеріалу. Через довготривалу заборону храмобудування у тоталітарний період, будівництво церков у пострадянський час вимагало від архітекторів, конструкторів, будівельників відновлювати втрачені знання та навички сакрального будівництва, а низький технологічний рівень будівництва ускладнював завдання. Часто фахівці експериментальним шляхом створювали конструктивні елементи церковних будівель: паруси підкупольного простору, бані тощо. Релігійні парафіяльні громади, які були основними замовниками проєктів, не сприймали сучасних тенденцій в

архітектурі сакральних споруд. Тенденція відбудови та проєктування нових храмів на території Західної України в цей період позначилась прямим цитуванням стилістичних архітектурних форм і рішень храмових споруд, які були створені на кінець XIX - початок XX століть та образів церковної архітектури княжої доби та козацького бароко [4, 5, 7]. На території Західної України найпоширенішими стали однонавні (рідше багатонавні), хрестові в плані будівлі з видовженим вівтарем, які мали склепінчасте перекриття. Гілки хреста вкорочені, пов'язані з середохрестям широкими арками, підпружними для купола [3]. У малих містах і селах храми будували з одним куполом, у великих – багатокупольні церкви. Пошук сучасного сакрального стилю та експерименти із формою почастишали після 1995 року, модерні архітектурні ідеї з'явилися разом із новими конструктивними рішеннями [4]. Розширити внутрішній простір храмів допомогло полегшення основних несучих конструкцій через широке використання залізобетону та металу. У великих містах, де громада та священики були більш прогресивними, вдалось збудувати цікаві храми та відійти від образів минулих епох.

Одним із архітекторів-модерністів, у творчості якого сакральна архітектура відіграє важливу роль, є тернопільський зодчий Сергій Гора - член Національної спілки архітекторів України від 1992 року. До найзначніших творів майстра відносяться: модерна церква Святого апостола Петра у місті Тернополі, Храм Миру, Любові і Єдності християн у Києві, Катедральний собор Верховних Апостолів Петра і Павла у Чорткові (рис.1), церква Івана Хрестителя в селі Маркове Івано-Франківської області, Релігійно-культурний комплекс «Друге пришествя Христа» церкви Непорочного Зачаття Діви Марії у місті Чорткові та інші.



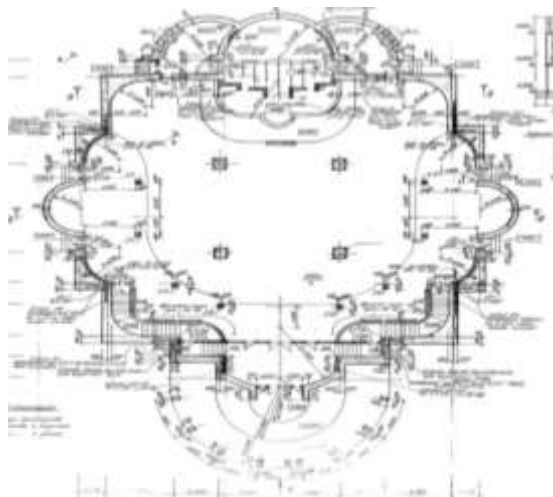
1



2



3



4

Рисунок. 1. Творчі роботи архітектора Гори С.:

1,2 - Церква Св. Петра у м. Тернополі;

3, 4 - Собор Св. Петра і Павла в м. Чорткові. Фото із архіву архітектора

Тернопільська церква Св. Петра, як частина єдиного комплексу монастиря францисканців, що відносяться до аскетичного, але прогресивного ордену, цікава дослідникам сакральної архітектури сучасними формами: простими лініями, пластичністю аркади, відсутністю ліпного декору. Разом з тим, у сучасний модерний вигляд храму, покладено традиційну систему планування: план нагадує латинський хрест, високо піднятий центральний простір з банею, розміщений як і дзвіниця, на головній осі комплексу. Цікава церква й інноваційним інженерним рішенням, виконаним конструктором Юзефом Зімельсом, який використав металеві ферми для створення обширного простору, вільного від опор. Завершують архітектурний ансамбль три невеличкі каплички, присвячені таїнствам хрещення, вінчання, похованню і хресна дорога (рис.1).

Західна Україна здавна була багатоконфесійною, тому в багатьох містах залишились римо-католицькі костели, які є перлинами європейського

зодчества. Зменшення кількості римо-католиків не сприяє сьогодні будівництву католицьких храмів. Виключенням є створення сучасного неготичного костелу в місті Тернополі, яке в ході Другої світової війни було зруйноване на 80%, а вцілілий костел за часів радянської атеїстичної влади знищили. Храм Божого Милосердя Діви Марії Неустанної Помочі збудований за проектом Ігоря Чулія, у плані має традиційну систему планування, проте, сучасну пластику фасадів, яка все ж підкреслює римо-католицьку приналежність церкви (рис.2).

Експериментальним будинком молитви, у тому числі й за конструктивним рішенням, був проєкт Української Церкви Християн Віри Євангельської (УЦХВЕ) в Тернополі (не реалізований), розроблений архітектором Юрієм Дячком. Виразною модерною спорудою є дзвіниця Собору єднання Заходу і Сходу, збудована у Підволочиську в 2000 році за проектом Богдана Маголи.

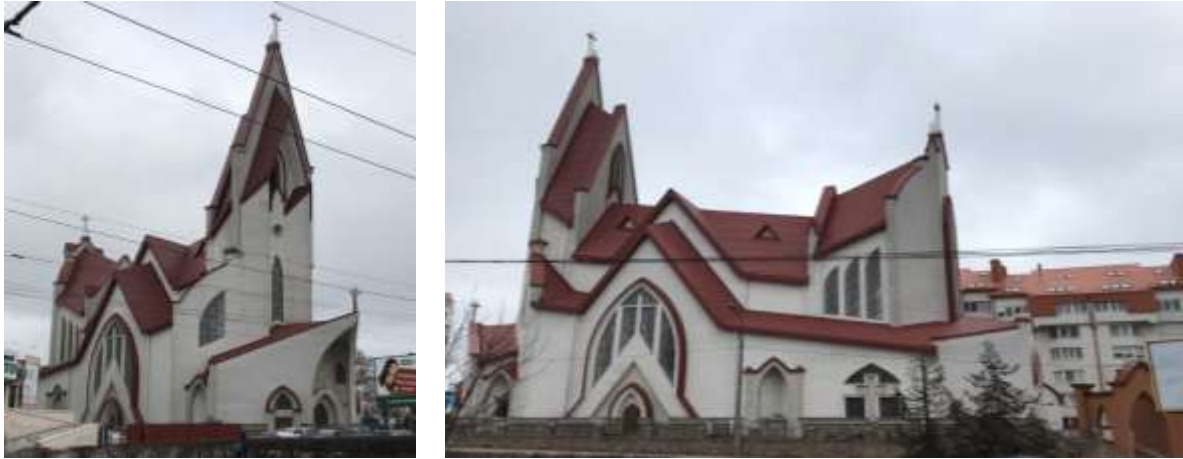
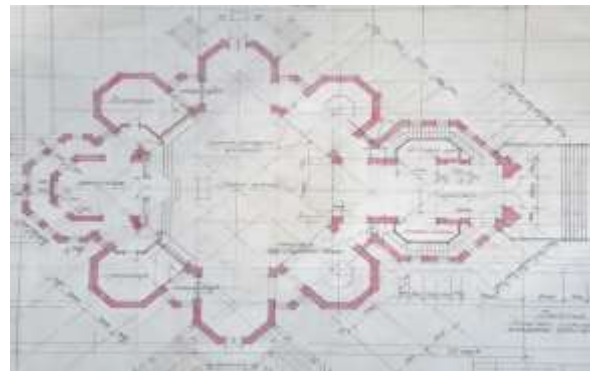


Рисунок 2. Костел Божого Милосердя Діви Марії Неустанної Помочі.
Архітектор Ігор Чулій (власні фото)

Оригінальним за своїм об'ємно – просторовим рішенням є храм Св. Володимира та Ольги у Тернополі, створений у 2018 році за проектом архітектора Данила Чепіля (рис.3).



1



2

Рисунок 3. Храм Св. Володимира та Ольги у Тернополі:
1 – власне фото; 2 – фото із архіву архітектора. Архітектор Чепіль Данило

Проект храму - центричний восьмиапсидний простір, одна апсида у вигляді широкого притвору та дещо видовжує план. Багатофасадність храму підкреслюють три входи, які ведуть до церкви. Центральний купол опирається на вісім колон, розміщених по колу, ще сім менших куполів увінчують сім апсид, які вінцем оточують храм вірних. Всесвітньо відомий український архітектор Америки Зенон Мазуркевич (1939 – 2018 рр.), якого спочатку запросили до проектування храму, одобрив проект Тернопільської святині та висловлював свою думку про важливість відходу від традиціоналізму, переконував «...йти вперед з духом часу», активно творити нову українську архітектуру, створюючи «нові символи Воскресіння».

Як бачимо, у більшості випадків, сучасні архітектори сучасні форми храмів вирішують на основі традиційних планів, що історично склалися у церковному будівництві різних конфесій. Пошук сучасних символів у храмобудуванні Західної України не завершений. Сьогодні, після отримання Томосу про автокефалію Православної церкви

України, ще більш актуальним є продовжити роботу по візуалізації самобутньої та сучасної української церкви [5].

Висновки. Аналізуючи творчість деяких сучасних архітекторів, бачимо, що багато з них долучилися до процесу відродження сакрального будівництва, який розпочався із здобуттям незалежності України.

Досліджено, що перші храми на території Західної України позначилися тенденцією до відтворення форм та образів, які історично склалися на кінець XIX - початок XX століть і лише після 1995 року почастішали експерименти із модерністською формою у сакральному мистецтві.

Викладений мистецтвознавчий аналіз об'ємно-просторових композицій деяких сакральних будівель періоду розвитку сучасної української архітектури показує, що пошуки сучасних символів, які б відображали національний характер у храмобудуванні для творення нових сучасних образів української Церкви тривають.

Введено в науковий обіг дані про деякі сучасні храми на території Західної України.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Барна, В., 2017. Архітектори Тернопілля. Тернопіль: ТОВ Терно-граф.
2. Бевз, М., 2001. Історичні міста Галичини: проблеми вивчення і збереження. *Записки Наукового Товариства імені Шеченка. Праці Комісії архітектури та містобудування*, 241, с. 84-112.
3. Дацюк, Н.М., 2017. Творчий доробок архітектора Михайла Нетриб'яка у будівництві церков Тернопільщини у період з 1995–2016 роки. Дніпро: Наукове мислення.
4. Дячок, О., 2018. Історичні етапи формування та розвитку архітектури сакральних будівель Тернопільської області. *Архітектурний вісник КНУБА*, 16, с. 98-108.
5. Криворучко, Ю.І., 2006. Канонічність та творчість у сакральній архітектурі. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка»*, 568: Архітектура, с. 27-46.
6. Лінда, С.М., 2013. Історизм у розвитку архітектури: автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня доктора архітектури 18.00.01. Національний університет «Львівська політехніка».
7. Лінда С., Іваночко У., 2009. Сильові пошуки в сакральній архітектурі сучасної України. [online] Доступно: <http://www.nbuv.gov.ua/> [Дата звернення 4 березня 2018].
8. Павлюк, С.П., ред., 2018. Церковне мистецтво України. Том 1: Архітектура. Монумен- тальне мистецтво. Харків: Фоліо.
9. Студницький, Р. О., 2014. Типологія та художньо-стилістичні особливості церковної архітектури Східної Галичини (кінець XI — перша третина XX ст.). *Вісник Харківської державної академії дизайну і мистецтв. Мистецтвознавство. Архітектура*. 7, с. 114-121.
10. Черкес, Б.С., 2003. Традиція та ідентичність в новій українській церковній архітектурі. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка»*, 486: Архітектура, с. 71-91.

PHYSICAL SCIENCES

HOW TO DISCOVER INVISIBLE UNIVERSES

Antonov A.

*Ph.D., Associate Professor,
Independent Researcher, Kiev, Ukraine*

КАК ОТКРЫТЬ НЕВИДИМЫЕ ВСЕЛЕННЫЕ¹

АНТОНОВ А.А.

*Кандидат технических наук, доцент,
Независимый исследователь, Киев, Украина*

Abstract

The article shows that the special theory of relativity (STR) was not actually created in the 20th century, since:

- the relativistic formulas presented therein are incorrect;
- the relativistic formulas presented therein are explained incorrectly using the incorrect principle of light speed non-exceedance refuted in the article;
- the relativistic formulas presented therein rise to incorrect conclusions about physical unreality of imaginary numbers and existence of only our visible universe.

Moreover, the STR could not even have been created in the 20th century since:

- experimental data on the six-dimensional space of our hidden Multiverse, which allowed to derive the correct relativistic formulas, were obtained by the WMAP and Planck spacecraft only in the 21st century;
- the principle of physical reality of imaginary numbers, which allowed to refute the principle of not exceeding the speed of light and correctly explain the new relativistic formulas, was experimentally proved only in the 21st century.

Therefore, the new relativistic formulas obtained given these circumstances allow to state that, in addition to our visible universe, there are numerous other mutually invisible universes, which together form the hidden Multiverse.

The existence of these invisible universes can be proved by astronomical observations in the portals, since in them the constellations of the starry sky will differ from the constellations observed from existing observatories on Earth.

Аннотация

В статье показано, что специальная теория относительности (СТО) в 20-м веке фактически не была создана, поскольку:

- полученные в ней релятивистские формулы неверны;
- полученные в ней релятивистские формулы неверно объяснены с использованием неверного принципа непревышения скорости света, опровергнутого в статье;
- из полученных в ней релятивистских формул сделаны неверные выводы о физической нереальности мнимых чисел и существовании только нашей видимой вселенной.

Более того, в 20-м веке СТО даже не могла быть создана, так как:

- экспериментальные данные о шестимерном пространстве нашей скрытой Мультивселенной, позволившие получить правильные релятивистские формулы, были получены космическими аппаратами WMAP и Planck только в 21 веке;
- принцип физической реальности мнимых чисел, позволивший опровергнуть принцип не превышения скорости света и правильно объяснить новые релятивистские формулы, был экспериментально доказан только в 21 веке.

Поэтому новые релятивистские формулы, полученные с учетом этих обстоятельств, позволили утверждать, что, помимо нашей видимой вселенной, существует множество других взаимно невидимых вселенных, которые образуют скрытую Мультивселенную.

Реальное физическое существование этих невидимых вселенных может быть доказано астрономическими наблюдениями в порталах, поскольку в них созвездия звездного неба будут отличаться от созвездий, наблюдаемых в существующих на Земле обсерваториях.

Keywords: Imaginary numbers; special theory of relativity; dark matter; dark energy; dark space; Multiverse; Hyperverse, invisible universes, portals.

¹ Это – репринт статьи “Antonov, A. A. (2020) How to See Invisible Universes. Journal of Modern Physics, 11, 593-607. <https://doi.org/10.4236/jmp.2020.115039>”

Ключевые слова: мнимые числа; специальная теория относительности; тёмная материя; тёмная энергия; тёмное пространство; Мультивселенная; Гипервселенная, невидимые вселенные, порталы.

1. Введение

Увидеть невидимые вселенные – это значит убедиться в их реальном физическом существовании и, следовательно, их открыть. Причём открыть самым бесспорным образом, поскольку вселенные могут быть уверенно идентифицированы по видимым на их небе созвездиям, как люди по отпечаткам пальцев. Т.е. созвездия – это своего рода паспорт любой вселенной, который невозможно подделать. И чтобы невидимые вселенные увидеть – а они до сих пор не обнаружены – надо знать, как это сделать.

Однако в существующей версии специальной теории относительности (СТО) [1]-[3] утверждается, что в соответствии с принципом непревышения скорости света другие вселенные, кроме нашей видимой вселенной, в природе не существуют. И это утверждение, казалось бы, даже подтверждается экспериментально, так как астрономы на небе никогда не видели никаких других созвездий, кроме тех, что видят всегда. Принято даже считать, что все предложенные учёными гипотезы Мультивселенных, некоторые из которых приведены в [4]-[9], являются неverified, т.е. никогда – ни сейчас, ни в далёком будущем – они не будут каким-либо образом обитателями Земли обнаружены.

Так почему же тогда возник указанный в заголовке статьи вопрос? А потому, что другие вселенные в природе на самом деле существуют и, хотя они невидимы, их люди увидеть могут [10]-[12].

2. Доказательство физической реальности именованных мнимых чисел.

Но попытки увидеть невидимые вселенные имеют смысл только при условии, что есть уверенность в их существовании и в возможности их обнаружения. Т.е. при условии, что будет выяснено, как это возможно сделать. Тогда также будет доказано, что СТО, отрицая такую возможность и тем самым отрицая существование Мультивселенных, ошибается.

А чтобы убедиться в том, что СТО ошибается, нужно вспомнить, что из принципа непревышения скорости света следует не только отрицание существования Мультивселенных, но и отрицание физической реальности открытых пятьсот лет назад мнимых чисел. И вот в этом-то, оказывается, всё дело, так как создатели СТО не знали, как объяснить полученные ими релятивистские формулы [13], в которых на гиперсветовых скоростях все фи-

зические величины – масса, время и др. – становились мнимыми. Что такое, например, $5i$ килограмм, $3i$ секунды, $2i$ метра, где $i = \sqrt{-1}$, ни создатели СТО и никто до них не знали. Но физики и математики, жившие до создания СТО, не утверждали, что мнимые числа физически нереальны. Они признавались, что ответа на этот вопрос не знают. А вот создатели СТО сознаться в этом позволить себе уже не могли, так как в противном случае СТО не получила бы признания. Вот потому в СТО и оказался востребованным постулат, т.е. недоказанное предположение, о непревышении скорости света, поскольку он позволял физическую сущность именованных мнимых чисел не объяснять.

Однако лауреат Нобелевской премии Стивен Вайнберг по поводу таких базирующихся на постулатах теорий высказался предельно чётко: “Научные теории не могут быть созданы чисто математическими рассуждениями”. Поэтому принцип непревышения скорости света в СТО у физиков всегда вызывал сомнения². И в 21-м веке физики решили принцип непревышения скорости света, а также следующее из него утверждение о физической нереальности мнимых чисел проверить экспериментально. В 2011-м году коллаборация OPERA опубликовала сенсационное сообщение [14] о том, что ей удалось принцип непревышения скорости света экспериментально опровергнуть. Но через полгода коллаборацией ICARUS эксперимент OPERA был опровергнут [15]. И тем самым создалось впечатление, что принцип непревышения скорости света неопровержим.

Однако не исключено, что создание такой иллюзии и было истинной целью экспериментов OPERA и ICARUS. Ведь еще в 2008-2010 гг. были опубликованы сообщения [16]-[21] об экспериментальных исследованиях специальных процессов в линейных электрических цепях, в которых был успешно доказан общенаучный принцип физической реальности мнимых чисел. Поэтому эксперимент OPERA даже стал ненужным. А в [22]-[29] были опубликованы сообщения о дальнейших с такой же целью исследованиях. Но в то в то время, как неудачный и ненужный очень дорогостоящий эксперимент OPERA интенсивно рекламировался, на простые альтернативные успешные экспериментальные доказательства физической реальности мнимых чисел физическое сообщество не обратило

² СТО подвергалась критике Оливера Хэвисайда, Никола Тесла, лауреата Нобелевской премии Альберта Абрагама Майкельсона, лауреата Нобелевской премии Вильгельма Фредерика Оствальда, лауреата Нобелевской премии Джозефа Джона Томсона, лауреата Нобелевской премии Сванте Аугуста Аррениуса, лауреата Нобелевской премии Филиппа Эдуарда Антона фон Ленарда, лауреата Нобелевской премии Альвара Гульстранда, лауреата Нобелевской премии Вильгельма Карла Вернера Отто Фрица Вина, лауреата Нобелевской премии Вальтера Германа Нернста, лауреата Нобелевской премии Эрнеста Резерфорда, лауреата Нобелевской премии Йоханнеса Штарка, лауреата Нобелевской премии Фредерика Содди, лауреата Нобелевской премии Перси Уильямса Бриджмена, лауреата Нобелевской премии Эдвина Маттисона Макмиллана, лауреата Нобелевской премии Хидеки Юкава, лауреата Нобелевской премии Ханнеса Улофа Йёста Алвена и многих других выдающихся ученых.

внимания. Поэтому предположение о том, что целью экспериментов OPERA и ICARUS был не поиск научной истины, а некие иные околонучные интересы, представляется небезосновательным.

Причём в публикациях [16]-[29] были приведены даже три экспериментальных доказательства принципа физической реальности мнимых чисел:

- с использованием колебательных переходных процессов [21], [22], [26], [30], которые позволяли сделать вывод, что если бы утверждение СТО о физической нереальности мнимых чисел было верным, то в природе не существовали бы цунами, не звучали бы церковные колокола и даже от толчка родителей не раскачивались бы детские качели;

- с использованием резонансных колебательных процессов [17]-[20], [22], [23], [26], [30], которые не могли бы существовать – а потому не могли бы существовать ни телевидение, ни радиолокация, ни электросвязь, ни другие точные науки – если бы утверждение СТО о физической нереальности мнимых чисел было верным;

- с использованием закона Ома в интерпретации Штейнмеца [24], [25], [27]-[29], [30], предложенной им в 1893 г., которая позволяла опровергнуть существующую версию СТО ещё до её создания.

А так как приведенные в этих публикациях эксперименты, в отличие от экспериментов OPERA и ICARUS просты и могут быть повторены в любой радиотехнической лаборатории, то принцип физической реальности мнимых чисел является экспериментально доказанным самым бесспорным образом³. Нежелание же физического сообщества принимать во внимание изложенные в этих альтернативных радиотехнических экспериментах успешные доказательства физической реальности мнимых чисел, говорит о серьёзных недостатках в современном физическом образовании.

Более того, отрицание в СТО физической реальности именованных мнимых чисел равносильно отрицанию физической реальности соответствующего этим числам невидимого и поэтому во многом неведомого нам мира⁴, который ещё предстоит познать науке в будущем. И это тормозит развитие науки. Отмечая исключительную важность в науке мнимых чисел, Сэр Роджер Пенроуз писал: “Система комплексных чисел обладает глубокой и не-

подвластной времени реальностью, выходящей далеко за пределы мысленных конструкций, созданных любым конкретным математиком... Они не были привнесены туда ни Кардано, ни Бомбелли, ни Уоллисом, ни Котсом, ни Эйлером, ни Весселем, ни Гауссом, несмотря на несомненную прозорливость и их, и других великих математиков. Этот набор волшебных свойств изначально присущ самой структуре, которую они шаг за шагом открывали”.

Поэтому с учётом хотя и непризнанного в физике, но экспериментально доказанного в радиотехнике принципа физической реальности мнимых чисел теперь должны быть исправлены все физические теории и гипотезы.

3. Объяснение физической сущности именованных мнимых чисел в СТО и астрофизике.

Про СТО иногда пишут, что она опровергла классическую физику Галилея, Ньютона и др. великих учёных прошлого. Но это не совсем так. На самом деле, как видно из таблицы 1, в которой приведены результаты расчётов по релятивистским формулам, например,

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - (v/c)^2}} \quad (1)$$

$$\Delta t = \Delta t_0 \sqrt{1 - (v/c)^2} \quad (2)$$

в которых m_0 – масса покоя физического тела;

m – релятивистская масса движущегося материального тела;

Δt_0 – время покоя физического тела;

Δt – релятивистское время движущегося материального тела;

v – скорость движения физического тела;

c – скорость света;

релятивистские эффекты становятся заметными лишь на скоростях, сопоставимых со скоростью света. Но такие скорости встречаются только в космосе или на ускорителях субатомных частиц. В повседневной же жизни – на транспорте, в промышленности, в природных на Земле процессах – таких скоростей не бывает никогда.

Следовательно, существующая версия СТО не только не верна, но она в повседневной жизни людей и не нужна. А по-прежнему нужна классическая физика.

Таблица 1

Расчёты, подтверждающие отсутствие релятивистского эффекта в повседневной человеческой жизни – на транспорте, в промышленности, в природных на Земле процессах

v/c	0,01000	0,10000	0,90000	0,99000	0,99900	0,99990	0,99999
m/m_0	1,00005	1,00504	2,29416	7,08881	22,36627	70,71245	223,60736
$\Delta t/\Delta t_0$	0,99995	0,99498	0,43589	0,14167	0,04471	0,01414	0,00316

³ А что может быть более убедительным доказательством, чем существование телевизоров, цунами или детских качелей, которые не должны были существовать, если бы утверждение СТО о физической нереальности мнимых чисел было верным?

⁴ Однако невидимый мир существует. Например, из комнаты, в которой мы сейчас находимся, соседняя комната не видна и, следовательно, она в это время является невидимым миром. Тем не менее, её существование никто не станет отрицать.

Но в науке – например, в астрофизике – СТО нужна. Точнее нужна исправленная её версия. Отрицание же существующей версии СТО принципа физической реальности мнимых чисел, как только что было показано, является её ошибкой. Поэтому ошибку надо исправить, т.е. надо учесть, что релятивистские формулы (1), (2) и др. должны быть объяснимыми как в диапазоне $0 \leq v < c$, так и в диапазоне $c \leq v < \infty$. Однако из приведенных на рис. 1a,b графиков формул (1) и (2) видно, что эти формулы неверны, так как их графики в диапазонах $0 \leq v < c$ и $c \leq v < \infty$ имеют существенно разный вид. Поэтому в диапазоне $c \leq v < \infty$ они в таком виде не объяснимы.

И анализ их возможных объяснимых вариантов показал, что графики релятивистских формул должны выглядеть так, как показано на рис. 1c,d. Поэтому исправленные релятивистские формулы должны иметь вид

$$m = \frac{m_0 i^q}{\sqrt{1 - (v/c - q)^2}} = \frac{m_0 i^q}{\sqrt{1 - (w/c)^2}} \quad (3)$$

$$\Delta t = \Delta t_0 i^q \sqrt{1 - (v/c - q)^2} = \Delta t_0 i^q \sqrt{1 - (w/c)^2} \quad (4)$$

где $q = \lfloor v/c \rfloor$ – функция “floor” от аргумента v/c , целочисленные значения⁵ которой соответствуют разным параллельным⁶ вселенным;

$w = v - qc$ – своя локальная для каждой параллельной вселенной скорость, которая может принимать значения только в диапазоне $0 \leq w < c$;

V – скорость, измеряемая относительно нашей видимой вселенной.

Тогда формулы (3) и (4) уже могут быть объяснены понятным образом. В них параметр q можно рассматривать как дополнительное пространственное измерение⁷. И тогда величине $q = 0$ будет соответствовать наша видимая вселенная (поскольку для неё $i^0 = 1$), а величине $q = 1$ будет соответствовать уже другая вселенная (поскольку для неё $i^1 = i$), которая для нас в силу условия $V > C$ является невидимой, поскольку она находится за горизонтом событий. И которую поэтому назовём тахионной вселенной по названию субатомных частиц, обладающих гиперсветовыми скоростями. С учётом аналогичных соображений нашу видимую вселенную тогда назовём тардионной. Далее, величине $q = 2$ соответствует (так как $i^2 = -1$) тардионная антивселенная, величине $q = 3$ соответствует (так как $i^3 = -i$) тахионная антивселенная, величине $q = 4$ соответствует (так как $i^4 = 1$) другая тардионная вселенная, величине $q = 5$ соответствует (так как $i^5 = i$) другая тахионная вселенная. И т.д.

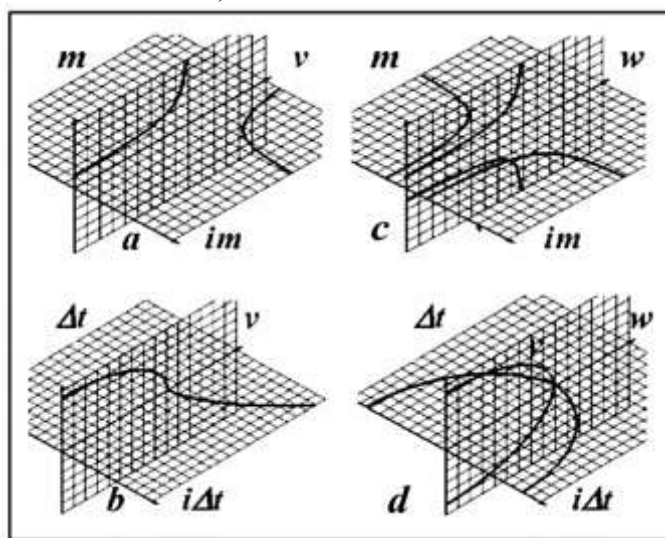


Рис. 1. Графики функций (1),(2), соответствующих существующей ошибочной версии СТО, и (3),(4), соответствующих её исправленной версии.

Таким образом, именованным мнимым числам в исправленных релятивистских формулах (3), (4) и др. соответствуют взаимно невидимые параллельные вселенные, в совокупности образующие Мультивселенную, которую поэтому назовём скрытой Мультивселенной [31]-[33].

Но упомянутые невидимые вселенные это – в науке ещё не подарок, поскольку про них пока известно даже меньше, чем, например, про тёмную материю и тёмную энергию. Причём, несмотря на приведённые в [34], [35] логически безупречные

⁵ А нецелые значения она принимает в рассмотренных ниже порталах, в которых от их входа до выхода под воздействием ещё не изученных в настоящее время физических факторов величина q изменяется на единицу

⁶ Названных так потому, что, несмотря на свою безграничность, они не пересекаются

⁷ Как номер квартир в многоквартирном доме

⁸ Далее показано, что таких невидимых вселенных в скрытой Мультивселенной около двадцати

доводы, подтверждающие реальное физическое существование невидимых вселенных, полной уверенности в этом всё ещё нет из-за отсутствия проданных бесспорно доказательных экспериментов⁹.

4. Объяснение тёмной материи и тёмной энергии существованием невидимых вселенных скрытой Мультивселенной.

Однако существование столь же непонятных, как и невидимых вселенных, тёмной материи и тёмной энергии экспериментально уже доказано – тёмной материи в 1932-33 гг. Яном Хендриком Оортом и Фрицем Цвикки, а тёмной энергии в 1998-99 гг. Солом Перлмуттером, Брайеном Шмидтом и Адамом Риссом, которые за это открытие получили Нобелевскую премию. Подчёркивая выдающуюся значимость этих открытий, лауреат Нобелевской премии Адам Рисс писал: “Человечество стоит на пороге новой физики Вселенной. Хотим мы того или нет – придется её принимать”. И об этой новой физике в статье идёт речь далее.

Тёмная материя и тёмная энергия [36]-[39] названы тёмными за свою непонятность. Непонятно почему они абсолютно невидимы во всех диапазонах электромагнитных колебаний и могут быть обнаружены лишь косвенным образом по своим гравитационным проявлениям. Непонятно почему в тёмной материи и тёмной энергии не обнаружены ни молекулы, ни атомы, ни субатомные частицы, хотя их совокупная масса/энергия более чем в 20 раз превышает массу/энергию нашей видимой вселенной. Непонятно и многое другое. Поэтому их познание в современной физике является задачей первостепенной важности.

Профессор Мичио Каку такую ситуацию прокомментировал следующим образом: “Безусловно, целая куча Нобелевских премий ожидает ученых, которые смогут раскрыть тайны тёмной энергии и тёмной материи”.

Феномен тёмной материи и тёмной энергии исследуется сейчас очень интенсивно. Но до его полного объяснения ещё далеко, поскольку все исследования по-прежнему выполняются только в соответствии с гипотезой видимой Моновселенной, следующей из существующей ошибочной версии СТО. И в такой ситуации нельзя не согласиться с лауреатом Нобелевской премии Профессором Альбертом Эйнштейном, который утверждал: “Бессмысленно продолжать делать то же самое и ожидать других результатов”. Уместно по этому поводу вспомнить и мнение Сэра Исаака Ньютона: “Никакое великое открытие не делалось без смелого предположения”.

Поэтому предположив, что в природе существует не Моновселенная, а скрытая Мультивселенная, феномен тёмной материи и тёмной энергии можно объяснить следующим образом [40]-[47]:

- тёмная материя и тёмная энергия на самом деле не имеют никакого реально существующего материального содержимого, а являются своеобразным, аналогичным оптическому, образом (или

изображением, но не электромагнитным, а гравитационным) – чем-то вроде тени – порождённым существованием невидимых параллельных вселенных;

- при этом феномен тёмной материи порождён соседними с нашей видимой вселенной невидимыми параллельными вселенными, а феномен тёмной энергии порождён остальными невидимыми параллельными вселенными скрытой Мультивселенной;

- поэтому в тёмной материи и тёмной энергии никогда не будет обнаружено никакого материального содержимого – ни молекул, ни атомов, ни субатомных частиц;

- тёмная материя и тёмная энергия невидимы потому, что невидимы порождающие их остальные, кроме нашей видимой вселенной, параллельные вселенные скрытой Мультивселенной.

И такой подход позволяет по экспериментальным данным, полученным запущенным в 2001 г. Национальным космическим агентством США (NASA) и проработавшим до 2009 г. космическим аппаратом WMAP, а также запущенным Европейским космическим агентством (ESA) в 2009 г. и проработавшим до 2013 г. космическим аппаратом Planck, получить некоторое представление о структуре, скрытой Мультивселенной. Так, согласно данным космического аппарата WMAP [48] вся вселенная (на самом же деле вся скрытая Мультивселенная) на 4,6 % состоит из барионного вещества, на 22,4 % из тёмной материи и на 73,0 % из тёмной энергии. А согласно более поздним данным космического аппарата Planck [49] вся вселенная (опять же на самом же деле вся скрытая Мультивселенная) на 4,9 % состоит из барионного вещества, на 26,8 % из тёмной материи и на 68,3 % из тёмной энергии. И тогда полагая, что за миллиарды лет существования за счёт обмена через порталы¹⁰ своим материальным содержимым масса/энергия всех невидимых вселенных существенно усреднилась, можно утверждать, что:

- скрытую Мультивселенную согласно данным, полученным космическим аппаратом WMAP, образуют $100\%/4,6\%=21,74$ вселенных, а согласно данным, полученным космическим аппаратом Planck, образуют $100\%/4,9\%=20,41$ вселенных, т.е. их реальное количество предположительно равно 20...22 вселенным;

- феномену тёмной материи согласно данным, полученным космическим аппаратом WMAP, соответствуют $22,4\%/4,6\%=4,87$ вселенных, а согласно данным, полученным космическим аппаратом Planck, соответствуют $26,8\%/4,9\%=5,47$ вселенных, т.е. их реальное количество предположительно равно 5...6 вселенным;

- феномену тёмной энергии согласно данным, полученным космическим аппаратом WMAP, соответствуют $73,0\%/4,6\%=15,87$ вселенных, а согласно данным, полученным космическим аппара-

⁹ Однако как их получить, написано далее

¹⁰ О которых речь пойдёт далее

том Planck, соответствуют $68,3\%/4,9\%=13,94$ вселенных, т.е. их реальное количество предположительно равно 14...16 вселенным.

И вполне очевидно, что такие результаты в 20-м веке никакими постулатами угадать было невозможно.

Но нетрудно заметить, что полученные в результате расчётов результаты исправленным релятивистским формулам (3) и (4) не соответствуют. Действительно, согласно формулам (1) и (2) наша тардионная вселенная в скрытой Мультивселенной должна была бы иметь в единственном дополнительном измерении всего две соседних вселенных,

а не пять – шесть вселенных, как это следует из приведенных выше расчётов. Поэтому из полученных космическими аппаратами WMAP и Planck данных следует, что число дополнительных измерений должно быть равно трём.

Следовательно, вывод релятивистских формул еще не завершен. Более того, вся СТО Альбертом Эйнштейном была не завершена, так как для её завершения, как оказалось, ему были нужны экспериментальные данные, полученные только в 21-м веке.

Таким образом, формулы (3) и (4) необходимо ещё раз исправить следующим образом

$$m = \frac{m_0 (i_1)^{q-q_0} (i_2)^{r-r_0} (i_3)^{s-s_0}}{\sqrt{1 - \left[\frac{v}{c} - (q+r+s-q_0-r_0-s_0) \right]^2}} = \frac{m_0 (i_1)^{q-q_0} (i_2)^{r-r_0} (i_3)^{s-s_0}}{\sqrt{1 - (w/c)^2}} \quad (5)$$

$$\Delta t = \Delta t_0 (i_1)^{q-q_0} (i_2)^{r-r_0} (i_3)^{s-s_0} \sqrt{1 - \left[\frac{v}{c} - (q+r+s-q_0-r_0-s_0) \right]^2} = \Delta t_0 (i_1)^{q-q_0} (i_2)^{r-r_0} (i_3)^{s-s_0} \sqrt{1 - (w/c)^2} \quad (6)$$

где Q_0, r_0, S_0 – координаты нашей видимой вселенной в скрытой Мультивселенной;

V – скорость, измеряемая из нашей тардионной вселенной;

C – скорость света;

$w = v - (q + r + s - q_0 - r_0 - s_0)c$ – своя локальная для соответствующей координатам Q, r, S вселенной скорость, которая может принимать значения только в диапазоне $0 \leq w \leq c$.

При этом соответствующие трём дополнительным измерениям три мнимые единицы i_1, i_2, i_3 , которые присутствуют в гиперкомплексных числах, называемых *кватернионами* [50], связаны между собой соотношениями

$$i_1^2 = i_2^2 = i_3^2 = -1 \quad (7)$$

$$i_1 i_2 = i_2 i_3 = i_3 i_1 = -1 \quad (8)$$

$$i_1 i_2 i_3 = i_2 i_1 i_3 = i_3 i_2 i_1 = 1 \quad (9)$$

Следовательно, структура шестимерного пространства (см. рис. 2) скрытой Мультивселенной может быть описана формулой $f_{q,r,s}(x, y, z) + i_1 q + i_2 r + i_3 s$, в которой слагаемое $i_1 q + i_2 r + i_3 s$ определяет координаты соответствующей невидимой вселенной, а слагаемое $f_{q,r,s}(x, y, z)$ определяет распределение в координатах x, y, z в этой вселенной её материального содержимого.

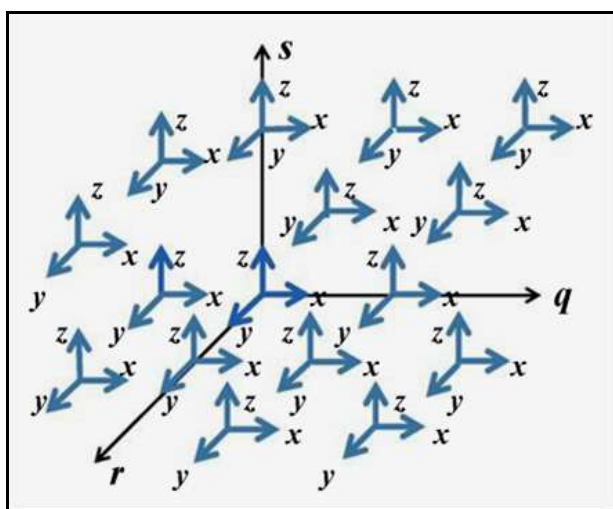


Рис. 2. Шестимерное пространство скрытой Мультивселенной

Профессор Лиза Рэндалл, имея подобную ситуацию в виду, писала: “Возможно, мы живём в трёхмерной пространственной щели многомерной

вселенной”. И её предположение, как видно, подтвердилось.

На рис. 3 приведён пример такой кватернионной структуры скрытой Мультивселенной, соответствующей результатам математической обработки данных, полученных космическими аппаратами WMAP и Planck и содержащей двадцать одну параллельную вселенную. Как видно, в такой разомкнутой винтовой структуре тардионные вселенные и антивселенные перемежаются с тахионными i_1, i_2, i_3 вселенными и i_1, i_2, i_3 антивселенными. И в соответствии с формулой (7) они связаны между собой многочисленными двунаправленными порталами, показанными одиночными двунаправленными стрелками. А тахионные вселенные и антивселенные в соответствии с формулами (8) и (9) связаны между собой многочисленными однонаправленными порталами, показанными одиночными однонаправленными стрелками. При этом невидимые тахионные вселенные и антивселенные,

соседние с нашей тардионной вселенной, порождают феномен тёмной материи. А остальные невидимые вселенные скрытой Мультивселенной порождают феномен тёмной энергии.

Таким образом, два непонятных понятия – ‘невидимые вселенные’ и ‘тёмная материя и тёмная энергия’ – при совместном рассмотрении позволили лучше понять смысл друг друга. Оказывается, тёмная материя и тёмная энергия – это результат регистрации в нашей видимой вселенной гравитационных проявлений невидимых параллельных вселенных скрытой Мультивселенной.

Достоинством такой гипотезы тёмной материи и тёмной энергии является также то обстоятельство, что она, помимо объяснения необъяснимых до самого последнего времени тёмной материи и тёмной энергии, позволяет объяснить и необъяснимые проблемы существования антиматерии и тахионов [51].

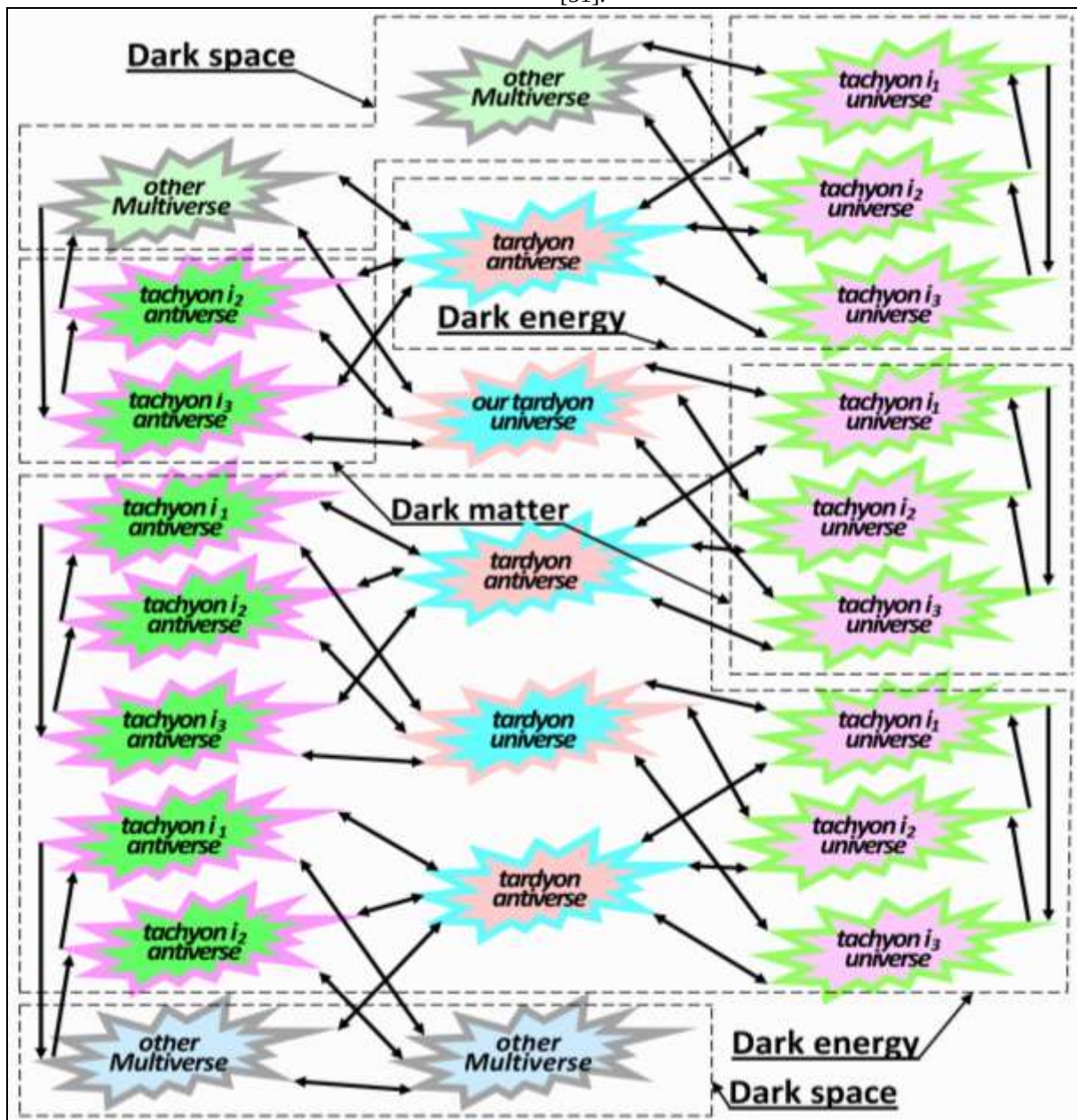


Рис. 3. Пример кватернионной структуры скрытой Мультивселенной

Как видно из рис.3, антиматерия существует в антивселенных, и она не аннигилирует с материей потому, что тардионные вселенные и антивселенные перемежаются с тахионными вселенными и антивселенными. Более того, в скрытой Мультивселенной существует даже несколько тардионных и тахионных материй и антиматерий. А тахионы, не нарушающие принцип причинности, существуют не в тардионных, а в тахионных вселенных и антивселенных.

5. Комментарии к существующей версии СТО

Полученные результаты настолько важны, что нуждаются в дополнительных комментариях. СТО фактически состоит из двух крупных разделов, в первом из которых выводятся релятивистские формулы, а во втором эти формулы объясняются.

И оказалось, что в обоих разделах существующей версии СТО получены неверные результаты:

- в первом разделе вместо верных релятивистских формул (5) и (6) получены неверные формулы (1) и (2);
- во втором разделе из неверных релятивистских формул (1) и (2) были сделаны ошибочные выводы о физической нереальности мнимых чисел и существовании в природе единственной нашей видимой вселенной.

Таким образом, поскольку существующая версия СТО неверна, приходится сделать вывод о том, что в 20-м веке СТО не была создана. Более того, она в то время и не могла быть создана, так как Аль-

берт Эйнштейн опередил своё время – необходимые для вывода релятивистских формул (5), (6) и др. экспериментальные данные космическими аппаратами WMAP и Planck были получены только в 21-м веке. И необходимый для интерпретации этих формул принцип физической реальности мнимых чисел также был доказан только в 21-м веке.

Тем не менее, сама постановка задачи создания СТО является выдающимся научным достижением Альберта Эйнштейна. Без промежуточного результата в виде формул (1), (2) не был бы получен и окончательный результат в виде формул (5), (6). А основные принципы решения этой задачи изложены в настоящей статье и публикациях [10]-[13].

6. Объяснение тёмного пространства существованием невидимых вселенных Гипервселенной.

Но наша видимая вселенная и некоторые невидимые вселенные в скрытой Мультивселенной, как видно из рис. 3, через показанные односторонними и двусторонними стрелками однонаправленные и двунаправленные порталы [51]-[53] соединены не только друг с другом, но и с невидимыми вселенными других Мультивселенных. И эти другие Мультивселенные, которым соответствует феномен тёмного пространства [10]-[12], [54], [55], совместно с нашей скрытой Мультивселенной образуют Гипервселенную (см. рис. 4). А если бы это было не так, то скрытая Мультивселенная должна была бы иметь противоречащие здравому смыслу и никак не объяснимые края. Как, например, в древних представлениях о форме Земли.

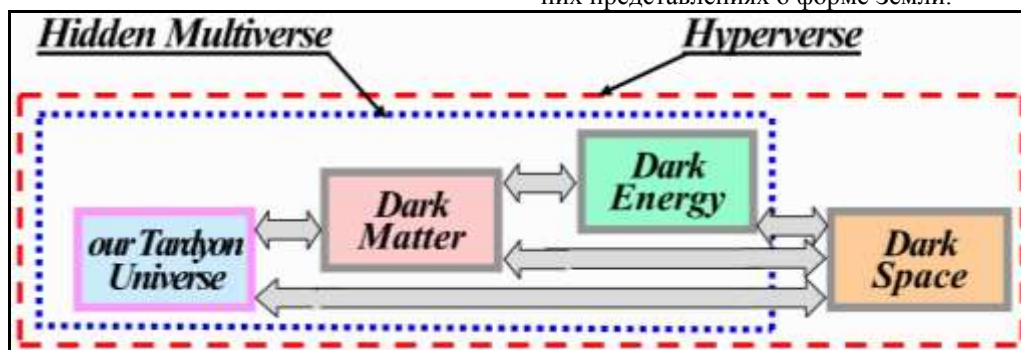


Рис. 4. Структура Гипервселенной

Но феномен тёмного пространства космическими аппаратами WMAP и Planck не зарегистрирован. Тем не менее, он может быть зарегистрирован описанными ниже исследованиями невидимых вселенных в порталах.

7. Верифицируемость невидимых вселенных

И вот теперь пора ответить на вопрос, сформулированный в заголовке статьи – как увидеть невидимые вселенные, поскольку такое доказательство существования невидимых вселенных является наиболее понятным и убедительным. Невидимые вселенные можно сравнить с невидимыми из комнаты нашего жилища, в которой мы сейчас находимся, остальных комнат жилища. И понятно, что чтобы невидимые комнаты увидеть, нужно подойти

к дверям и в эти комнаты заглянуть или в них войти. Точно так же, чтобы невидимые вселенные увидеть, нужно проникнуть в порталы и взглянуть на звёздное небо. Оно в других вселенных должно быть другим, на нём должны наблюдаться другие созвездия [10] – [12]. Причём эти отличия, очевидно, будут тем большими, чем дальше в порталы войти или заехать¹¹. А совсем другим это звёздное небо будет уже после выхода из порталов в другие вселенные, которые станут для нас видимыми, а наша вселенная станет для нас невидимой.

Причём понятно, что удовлетворение подобным образом нашей любознательности осложнено двумя обстоятельствами – тем, что порталы невидимы

¹¹ Поэтому на ракетах в порталы и через порталы летать нет необходимости

димы, и тем, что через эти порталы в другие вселенные нас не приглашали. Но не исключено, что некоторые порталы, которых на Земле очень много [56], от нашего посещения не защищены. Поэтому их посетить, вероятно, возможно.

А чтобы в порталах не заблудиться и после их посещения иметь гарантированную возможность возвратиться на Землю в нашу вселенную желательно иметь какие-то устройства для ориентации в порталах, что-то вроде компаса для мореплавателей. Эти средства порталориентации должны указывать направление перемещения от входа порталов к их выходам и обратно. И создание таких устройств возможно, так как по мере удаления от входа порталов уровень радиосигналов, например, для мобильной связи, будет уменьшаться, а после выхода из порталов в соседнюю вселенную такая связь исчезнет совсем.

Но чтобы убедиться в существовании невидимых вселенных, совсем не обязательно проникать в порталы далеко и использовать средства порталориентации. Дело в том, что по мере перемещения по portalу из нашей видимой вселенной в одну из соседних невидимых вселенных карта земного звёздного неба будет плавно трансформироваться в карту звёздного неба другой вселенной. Причём карты звёздного неба в нашей и в любой из соседних вселенных, безусловно, различаются экстремальным образом. Поэтому даже при неглубоком проникновении в порталы будет обнаружено, что созвездия над головой исследователя будут настолько заметно отличаться от земных созвездий, наблюдаемых в обсерваториях, что эти изменения, вероятно, смогут обнаружить и зарегистрировать своими телескопами даже астрономы-любители. И безусловно эти отличия будут заметно большими отличий, зарегистрированных в 1919 г. в аналогичном эксперименте Сэром Артуром Стэнли Эддингтоном [57].

8. Заключение

В статье показано, что существующая версия СТО является незавершённой и, следовательно, в 20-м веке эта теория ещё не была создана. Более того, СТО в 20-м веке и не могла быть создана, так как для вывода правильных релятивистских формул были необходимы данные, полученные космическими аппаратами WMAP и Planck только в 21-м веке. А для их правильной интерпретации был необходим принцип физической реальности мнимых чисел, также экспериментально доказанный только в 21-м веке.

В статье также предложены и объяснены верные релятивистские формулы СТО, из которых следует, что существует скрытая Мультивселенная, образованная невидимыми параллельными вселенными. Объяснено, каким образом существование невидимых вселенных может быть убедительно доказано экспериментально. Для этого достаточно воспользоваться очевидной истиной – звёздное небо других вселенных содержит другие созвездия. Поэтому в порталах, являющихся переходными зонами между соседними вселенными созвездия звёздного неба также должны быть другими. И вот

это звёздное небо в порталах, которыми на Земле являются, по меньшей мере, некоторые из многочисленных так называемых аномальных зон, можно увидеть и зарегистрировать. За всю историю существования астрономии в ней не было задачи более интересной и более важной, чем открытие и изучение невидимых вселенных.

Таким образом, изложенная в статье гипотеза скрытой Мультивселенной и Гипервселенной является верифицируемой, а невидимые вселенные – реально существующими. Поэтому их можно увидеть и открыть.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Einstein, A. (1920) *Relativity: The Special and General Theory*. H. Holt and company, NY.
2. Bohm, D. (2006) *The Special Theory of Relativity*. Routledge.
3. Hawking, S.W. and Penrose, R. (2010) *The Nature of Space and Time*. Princeton University Press.
4. Kaku M. (2006) *Parallel Worlds: A Journey Through Creation, Higher Dimensions, and the Future of the Cosmos*. Anchor, NY.
5. Vilenkin A. (2007). *Many Worlds in One: The Search for Other Universes*. Hill and Wong, NY.
6. Carr B. (2009). *Universe or Multiverse?* Cambridge University Press. Cambridge. UK.
7. Gribbin J. (2010). *In Search of the Multiverse: Parallel Worlds, Hidden Dimensions, and the Ultimate Quest for the Frontiers of Reality*. Wiley & Sons Inc. Hoboken, NJ.
8. Greene B. (2011). *The Hidden Reality: Parallel Universes and the Deep Laws of the Cosmos*. Vintage, NY.
9. Tegmark M. (2014). *Our Mathematical Universe: My Quest for the Ultimate Nature of Reality*. Vintage, NY.
10. Antonov, A.A. (2019) Explanation of dark matter, dark energy and dark space: discovery of invisible universes. *Journal of Modern Physics*, 10(8), 1006-1028. <https://doi.org/10.4236/jmp.2019.108067>
11. Antonov A. A. (2019). The special theory of relativity in the 20-th century was not and could not be created. *Journal of Russian physical-chemical society*. 91(1) 57-94. (In Russian). <http://rusphysics.ru/files/Antonov.91-1.pdf>
12. Antonov A. A. (2020). Comparative Analysis of Existing and Alternative Version of the Special Theory of Relativity. *Journal of Modern Physics*. 11(2) 324-342. doi:10.4236/jmp.2020.112020
13. Antonov A. A. (2014). Correction of the special theory of relativity: physical reality and nature of imaginary and complex numbers. *American Journal of Scientific and Industrial Research*. 5(2). 40-52. <https://www.scribbr.org/AJSIR/PDF/2014/2/AJSIR-5-2-40-52.pdf>
14. Adam T., Agafonova N., Aleksandrov A. et al. (2012). Measurement of the neutrino velocity with the OPERA detector in the CNGS beam. arxiv:1109.4897v4 [hep-ex].

15. Antonello M., Baibussinov B., Boffelli F. et al. (2012). Precision measurement of the neutrino velocity with the ICARUS detector in the CNGS beam. arXiv:1208.2629v2 [hep-ex].
16. Antonov A. A. (2008). Physical Reality of Resonance on Complex Frequencies. *European Journal of Scientific Research*. 21(4). 627-641.
17. Antonov A. A. (2009). Resonance on Real and Complex Frequencies. *European Journal of Scientific Research*. 28(2). 193-204.
18. Antonov A. A. (2010). Oscillation processes as a tool of physics cognition. *American Journal of Scientific and Industrial Research*. 1(2). 342-349. doi:10.5251/ajsir.2010.1.2.342.349
19. Antonov A. A. (2010). New Interpretation of Resonance. *International Journal of Pure and Applied Sciences and Technology*. 1(2). 1-12.
20. Antonov A. A. (2010). Solution of algebraic quadratic equations taking into account transitional processes in oscillation systems. *General Mathematics Notes*. 1(2). 11-16.
21. Antonov A. A. (2013). Unpredictable discoveries. Lambert Academic Publishing. Saarbrücken, Deutschland.
22. Antonov A. A. (2015). Physical reality of complex numbers is proved by research of resonance. *General Mathematics Notes*. 31(2). 34-53. http://www.emis.de/journals/GMN/yahoo_site_admin/assets/docs/4_GMN-9212-V31N2.1293701.pdf
23. Antonov A. A. (2015). Adjustment of the special theory of relativity according to the Ohm's law. *American Journal of Electrical and Electronics Engineering*. 3(5). 124-129.
24. Antonov A. A. (2015). Ohm's law explains astrophysical phenomenon of dark matter and dark energy. *Global Journal of Physics* 2(2). 145-149.
25. Antonov A. A. (2016). Physical Reality and Nature of Imaginary, Complex and Hypercomplex Numbers. *General Mathematics Notes*. 35(2). 40-63. http://www.geman.in/yahoo_site_admin/assets/docs/4_GMN-10932-V35N2.31895146.pdf
26. Antonov A. A. (2016). Ohm's Law is the general law of exact sciences. *PONTE*. 72(7) 131-142.
27. Antonov A. A. (2016). Ohm's law refutes current version of the special theory of relativity. *Journal of Modern Physics*. 7. 2299-2313.
28. Antonov A. A. (2016). Ohm's Law explains phenomenon of dark matter and dark energy. *International Review of Physics*. 10(2). 31-35
29. Antonov A.A. (2017). The physical reality and essence of imaginary numbers. *Norwegian Journal of development of the International Science*. 6. 50-63.
30. Antonov A. A. (2015) Hidden Multiverse. *International Journal of Advanced Research in Physical Science*, 2(1), 25 – 32.
31. Antonov A. A. (2016) What Physical World do We Live in? *Journal of Modern Physics*, 7(14), 1933-1943
32. Antonov A. A. (2017). Hidden Multiverse. *Extraterrestrial Super Civilizations*. *Natural Science*, 9, 43-62.
33. Antonov A. A. (2016) Verifiable Multiverse. *Global Journal of Science Frontier Research: A Physics and Space Science*. 16(4). 4-12.
34. Antonov A. A. (17 February 2017) Verifiable hidden Multiverse. *Global Journal of Science Frontier Research*. Research blog. <http://blog.gjsfr.org/2017/02/verifiable-hidden-multiverse.html>
35. Pilar Ruiz-Lapuente. Ed. (2010). *Dark Energy: Observational and Theoretical Approaches*. Cambridge university press. Cambridge, UK
36. Amendola L, Tsujikawa S. (2010). *Dark Energy: Theory and Observations*. Cambridge university press. Cambridge, UK
37. Bertone G. Ed. (2013). *Particle Dark Matter: Observations, Models and Searches*. Cambridge university press. Cambridge, UK
38. Robert H. Sanders R.H. (2014). *The dark matter problem: a historical perspective*. Cambridge university press. Cambridge, UK
39. Antonov A. A. (2015). Principles and structure of the real Multiverse: explanation of dark matter and dark energy phenomena. *American Journal of Modern Physics*. 4(1). 1-9. doi: 10.11648/j.ajmp.20150401.11
40. Antonov A. A. (2015) Hidden Multiverse: explanation of dark matter and dark energy phenomena. *International Journal of Physics*, 3(2), 84-87.
41. Antonov A. A. (2015) Hidden Multiverse: explanation of dark matter and dark energy phenomena. *Cosmology*, 19, 40-61.
42. Antonov A. A. (2015). The astrophysical phenomenon of dark matter and dark energy proves the existence of the hidden Multiverse. *American Journal of Modern Physics*. 4(4). 180-188.
43. Antonov A. A. (2015). Why dark matter and dark energy are invisible? *Optics*. 4(6), 43-47. doi: 10.11648/j.optics.20150406.12
44. Antonov A. A. (2016). Explaining the Phenomenon of Dark Matter and Dark Energy by Existence of the Hidden Multiverse. *Frontiers of Astronomy, Astrophysics and Cosmology*. 2(1) 1-9.
45. Antonov A. A. (2016). Hypothesis of the Hidden Multiverse: Explains Dark Matter and Dark Energy. *Journal of Modern Physics*, 7(10), 1228-1246. doi: 10.4236/jmp.2016.710111
46. Antonov A. A. (2017). Nature of dark matter and dark energy. *Journal of Modern Physics*. 8(4) 567-582. doi: 10.4236/jmp.2017.84038
47. Hinshaw, G., Larson, D., Komatsu, E. et al. (2013) Nine Year Wilkinson Anisotropy Probe (WMAP) Observations: Cosmological Parameter Results. arXiv: 1213.5226 [astro-ph/CO].
48. Adam, R., Ade, P.A.R., Aghanim, N. et al. (2015) Planck 2015 results. 1. Overview of products and scientific results. arXiv:1502.01582v2 [astro-ph.CO].
49. Kantor I.L., Solodovnikov A.S. (1989). *Hypercomplex numbers*, Springer. Verlag, Berlin.
50. Antonov A. A. (2016) Dark matter, dark energy and antimatter are located in the hidden Multiverse. *PONTE*. 72(9) 288-300. doi: 10.21506/j.ponte.2016.9.22

51. Antonov A. A. (2015). Where to look for alien civilisations. *Cosmology. Commentaries: Stephen Hawking's Aliens. The Search for Intelligent Extraterrestrial Life. Project Breakthrough Liste*. <http://cosmology.com/Aliens1.html>

52. Antonov A. A. (13 January 2016). How Portals of the Invisible Multiverse Operate. *Science PG Frontiers. Research blog*.

53. Antonov, A. A. (2016) Star Gate of the Hidden Multiverse, *Philosophy and Cosmology*, 6, 11-27. (In Russian). http://ephsheir.phdpu.edu.ua/xmlui/bitstream/handle/8989898989/1456/Philosophy%26Cosmology_vol_16.pdf?sequence=1&isAllowed=y

54. Chernobrov V.A. (2000) *Encyclopaedia of Mysterious Places of the Earth*. Veche Publishing, Bucharest. (In Russian)

55. Antonov A. A. (2018). Discovery of Dark Space. *Journal of Modern Physics*, 9, 14-34. https://www.scirp.org/pdf/JMP_2018010814482817.pdf

56. Antonov A. A. (2018). Physical Reality and Essence of Imaginary Numbers in Astrophysics: Dark Matter, Dark Energy, Dark Space. *Natural Science*. 10(1). 11-30.

57. Dyson, F. W.; Eddington, A. S.; Davidson, C. (1920). A Determination of the Deflection of Light by the Sun's Gravitational Field, from Observations Made at the Total Eclipse of May 29, 1919. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*. 220, 291-333. doi:10.1098/rsta.1920.0009.

LIVING UNIVERSE

Gladyshev G.

Doctor of chemical sciences, professor,

Principal scientist, N. N. Semenov Institute of Chemical Physics Russian Academy of Sciences;

Design department, Russian Academy of Arts

Moscow

ЖИВАЯ ВСЕЛЕННАЯ

Гладышев Г.П.

Доктор химических наук, профессор, Главный научный сотрудник,

Институт химической физики им. Н.Н. Семенова, Российская Академия наук;

Отделение дизайна, Российская Академия Художеств

Москва

Abstract

The question of using an extended idea of life as a process of transforming matter and energy at all stages of the development of the universe, occurring at all its hierarchical levels, is considered. From this point of view, biological life is a special case of the existence of matter in a narrow range of changes in the physical parameters of systems. How far the presented generalization will prove useful for philosophical and physical awareness of the structure of our world will be shown by the future.

Аннотация

Рассматривается вопрос об использовании расширенного представления о жизни, как процесса преобразования материи и энергии на всех стадиях развития вселенной, протекающих на всех ее иерархических уровнях. С этой точки зрения биологическая жизнь является частным случаем существования материи в узком интервале изменений физических параметров систем. Насколько представленное обобщение окажется полезным для философского и физического осознания устройства нашего мира покажет будущее.

Keywords: universe, life, hierarchy, disdain, biology, hierarchical thermodynamics, evolution, philosophy, Darwin, Gould.

Ключевые слова: вселенная, жизнь, иерархия, дизайн, биология, термодинамика, эволюция, философия.

Эпиграфы

“The simplicity - the only ground on which it is possible to erect a building of generalizations.”

“... the true and only goal of science is to reveal unity rather than mechanism.”

Henri Poincare

“One of the principal objects of theoretical research in any department of knowledge is to find the point of view from which the subject appears in its greatest simplicity.”

J. Willard Gibbs

“Experiment is the only means of knowledge at our disposal. Everything else is poetry, imagination”.

Max Plank

Истинной целью науки является общность. Если помнить это высказывание Анри Пуанкаре, целесообразно найти некую общность, свойственную нашему миру принимая во внимание его иерархическое строение. Такая общность может быть связана с простотой – с расширенным пониманием жизни как явления.

С другой стороны, руководствуясь высказыванием Д.И. Менделеева, мы не в состоянии понять, что представляет собой наш мир и что происходит в нем «одним порывом мысли». В связи с этим возникает вопрос: «Насколько полезным является расширенное представление о жизни для осознания причины появления и эволюции вселенной с точки зрения иерархической термодинамики, которая, как полагает автор, в меру своей применимости правит всем, что происходит в мире?» [1-5]. Настоящая статья, по-видимому, в определенной степени, дает положительный ответ на поставленный вопрос.

Вселенная находится в постоянном движении – круговороте с преобразованием материи и энергии. Все объекты вселенной постоянно эволюционируют. Однако эволюция существенно различающихся по размеру иерархических структур вселенной протекает с разными, несоизмеримыми, скоростями.

Если общее расширенное представление о жизни связывать, прежде всего, с движением и круговоротом материи и энергии, то целесообразно отдельно рассматривать жизнь (эволюцию) природных разномасштабных объектов. Этому нас учит математика, которая любит простоту и однотипность (схожесть) изучаемых объектов, а также соизмеримые шкалы времени рассматриваемых процессов. С той точки зрения, скопления галактик, сами галактики, планетные (звездные) системы, скопления химических веществ, геологические объекты, биологические организмы, экологические системы, а также атомные системы и системы элементарных частиц следует изучать отдельно: круговороты и эволюция этих систем протекают в своих шкалах времени. Указанное разделение, часто сделанное с позиции закона временных иерархий и с помощью иерархической термодинамики, позволяет учитывать все самопроизвольные преобразования внутри выделяемых квазизакрытых систем, а также все несамопроизвольные превращения в этих системах инициируемые окружающей средой. Во всех этих случаях можно говорить о «разномасштабной жизни» рассматриваемых иерархических систем - процессах свойственных упомянутым иерархическим уровням различной природы.

Подобное иерархическое разделение можно делать внутри частных групп иерархий, например, содержащих космические, химические, геологические, биологические объекты. Правомерность такого выделения соответствует критериям, предусматриваемым законом временных (temporal) иерархий, а также иерархической термодинамикой – ветвью классической термодинамики, описывающей эволюционные превращения реальных природных систем [6].

Представление о расширенном понятии жизни в определенной степени соответствует утверждению «As Above so Below». Часто жизнь различных иерархий сопровождается образованием структур идентичного однотипного дизайна. Например, согласно концепции образования экзопланетных систем планеты и их спутники образуются из колец, возникающих из пересыщенного состояния при периодической конденсации газообразного вещества [7]. Сейчас стало общеизвестным (как и предсказывала теория), что вселенная на уровне всех иерархий заполнена кольцевыми и сферическими объектами. Пространственно - периодические структуры образуются по идентичному механизму, как на поверхности и в атмосфере Земли и экзопланет, так и в дисках молодых звезд. Этот механизм с позиции термодинамики является общим, не зависимо от химического состава первичных колец и деталей массопереноса вещества в звездных и протопланетных дисках. Другими словами, кольца возникают по подобному механизму в различных иерархических системах, размер которых несоизмерим. Структуры однотипного природного дизайна образуются при конденсации воды в атмосфере Земли и других небесных тел. Описаны многочисленные явления возникновения разнообразных облачных структур, которые воспроизводят форму поверхности Земли. Дизайн природных объектов определяемых термодинамикой часто находит свое воплощение в произведениях искусства, вызывая положительные эмоции в нашем сознании. Одним из примеров подобных явлений является жизнь иерархической облачной структуры, обрамляющей и воспроизводящей форму вулкана. Рис. 1 - хорошая иллюстрация упомянутого явления.



Рис. 1. Конденсация водяного пара в атмосфере

Общие законы физики, включая законы развития всех форм неорганической и органической жизни, действуют на всех уровнях организации материи. Иерархические структуры живут своей жизнью,

которая проявляется в возникновении, развитии и эволюционных преобразованиях соответствующих объектов. Термин «дизайн» в определенном смысле олицетворяет связь науки и искусства.

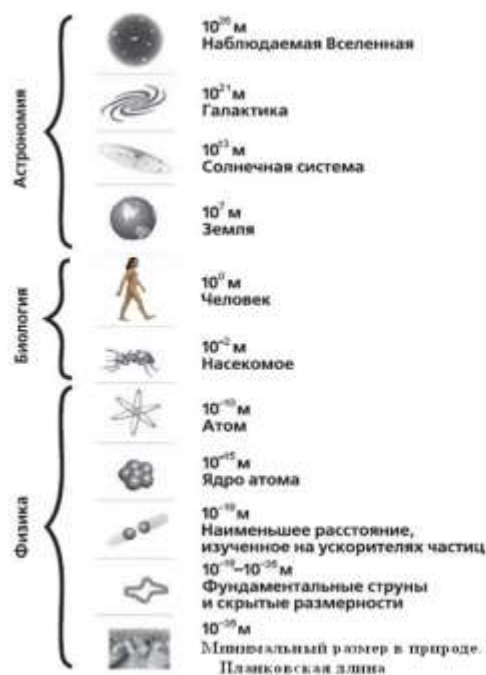


Рис. 2. Природные масштабы – от микро до мега.
https://pikabu.ru/story/nemnogo_o_razmerakh_2165723

На Рис.2. представлена наглядная упрощенная ориентировочная шкала масштабов природных иерархических структур. Видно, что размеры иерархических структур представлены в существенно различающихся разномасштабных шкалах. Это не позволяет использовать единое математическое описание всех изменений, происходящих во вселенной. Выделение частных групп иерархий,

например, геологической и биологической иерархий, несколько упрощает задачу, поскольку существует некая физическая общность внутри этих групп. На Рис. 3. представлены фрагменты общей эволюционной спирали развития нашего мира - геологической эволюции и сопровождающей её биологической эволюции.



Рисунок 3. Спираль геологической эволюции

Credit: Graham, Joseph, Newman, William, and Stacy, John, 2008,

The geologic time spiral—A path to the past (ver. 1.1): U.S. Geological Survey General

Предоставлено: Грэм, Джозеф, Ньюман, Уильям и Стейси, Джон, 2008, Геологическая спираль времени - путь в прошлое (версия 1.1): Геологическая служба США, Общее

Возможность выделения из указанных групп соответствующих подгрупп (например, организмов и популяций внутри общей биологической группы иерархии) еще более упрощает задачу исследования рассматриваемых систем с позиции общих законов.

Однако при этом часто необходимо продолжать выделение новых подгрупп иерархий, чтобы на количественном уровне сопоставлять изменение физических параметров в различных однотипных системах.

Таким образом, пытаясь детально исследовать явления природы, мы проводим последовательное

$$dG^* = \sum_i dG_i^* = -\sum_i S_i dT_i + \sum_i V_i dp_i - \sum_i \sum_{k_i} x_{k_i} dX_{k_i} + \sum_i \sum_{k_i} \mu_{k_i} dm_{k_i}$$

$$\{ \displaystyle dG^* = \sum_i dG_i^* = -\sum_i S_i dT_i + \sum_i V_i dp_i - \sum_i \sum_{k_i} x_{k_i} dX_{k_i} + \sum_i \sum_{k_i} \mu_{k_i} dm_{k_i} \} \quad (1)$$

Здесь G - свободная энергия Гиббса; T - температура; S - энтропия; V - объем; p - давление; X - любая обобщенная сила, кроме давления; x - любая обобщенная координата, кроме объема; μ - химический (эволюционный) потенциал; m - масса k -вещества; работа, выполняемая системой, является отрицательной. Индекс i относится к конкретной эволюции, а k - к компоненту i эволюции. Верхний индекс $*$ означает, что рассматривается поведение квазиравновесной сложной системы. Вышеупомянутое уравнение является обобщенным уравнением, поскольку в принципе все взаимодействия (внутри и снаружи) всех структур каждого иерархического

выделение групп иерархий и подиерархий из общей иерархии структур нашего мира и тем самым стремимся проводить исследования однотипных структур, предсказывая их свойства и поведение.

В общем случае сложных термодинамических систем (систем, в которых наблюдаются не только работы расширения), изменение свободной энергии Гиббса может быть оценено с использованием одной из форм расширенного обобщенного уравнения Гиббса - обобщенного уравнения первого и второго принципов термодинамика [1, 6] :

уровня учитываются независимо от масштаба этих взаимодействий. Логично рассматривать это уравнение, как уравнение со значительно разделенными параметрами, символическим или умозрительным уравнением, которое может эффективно использоваться только в отношении индивидуальной иерархии или смежных иерархий структур. В этом случае представленное расширенное обобщенное уравнение Гиббса значительно упрощается в связи с пренебрежимо малыми значениями большинства его отдельных членов. Таким образом, после упрощения представленное уравнение (1) легко применять к любым индивидуальным иерархиям и учитывать

силы взаимодействия между объектами внутри этих иерархий и влияние внешних сил окружающей среды на изучаемые объекты. Важно отметить, что уравнение (1) включает в себя все потенциально возможные, но пока неоткрытые взаимодействия в природе. Не исключено, что в этом уравнении найдется место членам, учитывающим «потoki гeммул Дарвина» и другим непознанным явлениям. Можно полагать, что принцип стабильности вещества действует не только при эволюции биологической (живой) материи, но и применим, в определенной мере, к эволюционным преобразованиям на уровне всех иерархических структур вселенной. Это позволяет утверждать, что иерархическая термодинамика является фундаментом расширенного Дарвинизма, применимого, по мнению А.М. Молчанова «ко всем развивающимся системам, от элементарных частиц до галактик» [8]. Этому же мнению придерживаются и многие другие исследователи [1-5].

Следует заметить, что ранее И.Р. Пригожин и его коллеги полагали [9], что «хотя естественный отбор можно выгодно переформулировать и в терминах термодинамики, она (термодинамика) не предлагает конкурирующего причинно-следственного принципа». Однако расширенная классическая термодинамика Дж.У. Гиббса – иерархическая термодинамика, направляемая принципом стабильности вещества, как известно, успешно это сделала впоследствии.

Сейчас можно утверждать, что иерархическая термодинамика является физической основой расширенной теории Ч. Дарвина и А. Уиллиса. Биологическая эволюция самопроизвольных процессов в живых системах протекает в соответствии со вторым началом термодинамики на фоне самопроизвольных превращений в этих системах инициируемых окружающей средой. Факторами окружающей среды могут быть физические, химические и биологические воздействия. Биологическими воздействиями могут быть, например, вирусы и бактерии. Примером активного влияния вируса на эволюцию популяции людей является современная эпидемия, вызванная коронавирусом. Когда влияние окружающей среды оказывается существенным, т.е. революционным, происходит образование новых видов или жизнь погибает. Это хорошо согласуется с теорией прерывистого равновесия Стивена Гулда и Найлса Эддрджа, которую (теорию) можно считать существенным дополнением расширенного Дарвинизма. Если полагать, что иерархическая термодинамика хорошо моделирует химическую и биологическую эволюцию, включая абиогенез, то при попытках создания искусственной жизни надо опираться на принцип стабильности вещества.

Представленная модель структуры и эволюции вселенной подтверждает действительность иерархической термодинамики и соответствует ряду основных представлений о нашей вселенной. Например, высказанные соображения созвучны фильму [10], который можно посмотреть в интернете.

Заключение

Широкое определение жизни, как общего природного явления, существенно отличающееся от понятия «жизни», используемого в биологии, рассматривается как процесс круговорота и преобразования всех видов материи и энергии во вселенной. С этой общей точки зрения явлением жизни следует считать все процессы, протекающие во всех структурных иерархиях вселенной. Однако жизнь в указанном широком смысле термина протекает с практически бесконечными несоизмеримыми скоростями в разномасштабных структурных иерархиях, состоящих из скоплений галактик, галактик, планетных систем, геологических объектов, химических соединений, биологических организмов, экологических и других систем. Явление жизни изучает иерархическая термодинамика природных систем, опирающаяся на принцип стабильности вещества.

Биологическая жизнь протекает в относительно узком интервале температур, давлений и других физических параметров. Она являющаяся сравнительно узким понятием, выделяясь своей внутренней полииерархичностью и практически бесконечным эволюционным многоликим разнообразием, что существенно отличает её от других форм жизни во вселенной, следует отметить, что биологическая жизнь протекает, прежде всего, в результате самопроизвольных (спонтанных) процессов в биологических системах, направляемых вторым началом термодинамики. Эти процессы протекают на фоне самопроизвольных (часто революционных) воздействий окружающей среды, наблюдающихся в этих же системах. Это означает, что иерархическая термодинамика, учитывающая все спонтанные (внутренние) и неспонтанные (внешние) процессы, воздействию которых подвергаются биологические системы, является физическим фундаментом расширенного Дарвинизма, включающего теорию прерывистого равновесия Стивена Гулда и Найлса Эддрджа. Таким образом, расширенный Дарвинизм является, прежде всего, эволюционной теорией возникновения биологической жизни и ее эволюции, периодически подвергающейся непредсказуемым революционным изменениям. Будущее покажет, в каком объеме и насколько разумно использовать представления расширенного Дарвинизма применительно ко всем иерархиям материи. Сейчас можно, по-видимому, только так ответить на вопрос: почему жизнь именно такова? Жизнь такова, какая она есть. Этот ответ слишком общий и неопределенный, который, вряд ли устраивает современную науку. Однако этот ответ освобождает многих из нас от мучительных поисков конкретных ответов на этот и другие подобные вопросы. Философия...

Примечание

Автор статьи в этой работе использует представление о жизни, как об общей форме существования материи, которую представляют объекты всех иерархий вселенной, включая биологические, химические и физические формы. Биологическая жизнь, как «активная форма» существования материи характерна для полииерархических структур,

существующих в сравнительно узком интервале температур и других параметров, что отличает ее от жизни многих неорганических объектов, медленно эволюционирующих (меняющихся) во времени. В настоящей заметке термин «жизнь» используется в различных общепринятых смыслах, которые связаны, прежде всего, с тем фактом, что жизнь объектов различных иерархий протекает в различных условиях и с различными скоростями. Будущее покажет, насколько представленные соображения будут способствовать нашим представлениям о вселенной и будут интересны с точки зрения образования.

Соображения о нецелесообразности использования представлений о биологической жизни как явления с позиции “Defunct theory of life” [11] является досадным заблуждением, приводящим к пагубной для науки полемике.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Gladyshev Georgi P. Thermodynamics Theory of the Evolution of Living Beings.- Commack, New York: Nova Science Publishers, Inc.- 1997.- 142 P. Russian: Г.П.Гладышев. Термодинамическая теория эволюции живых существ. М.: Луч, 1996. -86с.
2. Gladyshev G.P. Hierarchical thermodynamics rules the world to the extent of its applicability, Norwegian Journal of development of the International Science, №27/2019, Vol. 1, pp. 60-65. http://www.norwegianjournal.com/wp-content/uploads/2019/02/NJD_27_1.pdf
3. Spyros G Tzafestas. Energy, Information, Feedback, Adaptation, and Self-organization: The Fundamental Elements of Life and Society. Springer International Publishing, Jan 29, 2019 -Technology & Engineering, <https://www.springer.com/gp/book/9783319669984>
4. Gladyshev G.P., Thermodynamics of the origin of life, evolution, and aging, International Journal of Natural Science and Reviews. 2017. pp. 2-7. <http://escipub.com/ijnsr-2018-01-1001/>
5. Gladyshev G.P. Hierarchical thermodynamics explains the origin of life and its evolution, Norwegian Journal of development of the International Science, No 17/2018, pp. 27-35. ISSN 3453-9875 <http://www.njd-iscience.com/archive/> http://www.norwegian-journal.com/wp-content/uploads/2018/05/NJD_17_3.pdf
6. Hierarchical thermodynamics. https://en.everybodywiki.com/Hierarchical_thermodynamics
7. As Above so Below – Georgi Gladyshev <https://malagabay.wordpress.com/2014/05/05/as-above-so-below-georgi-gladyshev/>
8. Molchanov A.M. Thermodynamics and evolution. In Oscillatory Processes in Biological and Chemical Systems; Frank, G.M., Ed.; Nauka: Moscow, USSR, 1967; pp. 292–305.
9. Prigogine, I.; Nicolis, G. Babloyantz, A. Thermodynamics of evolution. Phys. Today, 1972, 25, 23–28.
10. «THE LIVING UNEVERS Cosmos as organism». You Tube. <https://www.youtube.com/watch?v=byAdrianDavidNelsonHD4WthE414k>
11. Georgi Gladyshev. *Life as a Phenomenon*, IJALSE, Vol. 1 (1), 97-98. 2014. <http://www.ijalse.org/> <http://en-deav.net/news/23-life.html>

TECHNICAL SCIENCES

INVESTIGATION OF EFFICIENCY OF ABSORPTION HEAT PUMP INTEGRATION INTO SEAWATER THERMAL DESALINATION SYSTEM

Agamaliyev M.

*Doctor of Technical Sciences,
Professor of the Department of "Energy Production Technology" of
Azerbaijan State Oil and Industry University, Baku*

Ahmadova D.

*Doctor Philosophy in Engineering,
Assistant of the Department of "Energy Production Technology" of
Azerbaijan State Oil and Industry University, Baku.*

Mamedbekova R.

*Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor of the Department of "Energy Production Technology" of
Azerbaijan State Oil and Industry University, Baku*

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНТЕГРИРОВАНИЯ АБСОРБЦИОННОГО ТЕПЛООВОГО НАСОСА В СИСТЕМУ ТЕРМИЧЕСКОГО ОПРЕСНЕНИЯ МОРСКОЙ ВОДЫ

Агамалиев М.М.

*Доктор технических наук,
профессор кафедры «Технологии производства энергии»
Азербайджанского Государственного Университета Нефти и Промышленности, г.Баку.*

Ахмедова Д.А.

*Доктор философии по технике,
ассистент кафедры «Технологии производства энергии»
Азербайджанского Государственного Университета Нефти и Промышленности, г.Баку.*

Мамедбекова Р.Г.

*Кандидат технических наук,
доцент кафедры «Технологии производства энергии»
Азербайджанского Государственного Университета Нефти и Промышленности, г.Баку.*

Abstract

The article deals with issues of increasing efficiency of the process of single-stage thermal desalination of seawater by using an absorption heat pump for compression of secondary steam, as well as organization of the distillation process in the field of high temperatures and evaporation rates. The resulting task of preventing scale formation is CaSO_4 proposed to be solved by preliminary nanofiltration softening. Results of computer simulation of mathematical model of investigated system are given.

Аннотация

В статье рассматриваются вопросы повышения эффективности процесса одноступенчатого термического опреснения морской воды путем использования абсорбционного теплового насоса для сжатия вторичного пара, а также организации процесса дистилляции в области высоких температур и кратностей упаривания. Возникающую при этом задачу по предотвращению образования накипи CaSO_4 предлагается решить предварительным нанофильтрационным умягчением. Приводятся результаты компьютерной симуляции математической модели исследуемой системы.

Keywords: high-temperature desalination, absorption heat pump, nanofiltration, computer simulation.

Ключевые слова: высокотемпературное опреснение, абсорбционный тепловой насос, нанофильтрация, компьютерная симуляция.

Введение. С ростом населения нашей планеты растет потребность в пресной воде. Мировые водные ресурсы представлены в основном солеными водами: 97,5%. На долю пресных вод приходится лишь 2,5% мировых запасов и только 0,3% из них доступно для людей [1]. Однако и эти скудные запасы пресной воды распределены крайне неравномерно. Из этих обстоятельств и вытекает одна из актуальных проблем современности – восполнение

дефицита пресной воды путем опреснения соленых вод, запасы которых практически неисчерпаемы.

Как известно, под опреснением понимают уменьшение солесодержания воды до уровня менее 1 г/л при исходном солесодержании 35 г/л – стандартная океаническая вода, около 13 г/л – каспийская вода, около 18 г/л – черноморская вода. Современные технологии опреснения подразделяются на две основные группы: термическую и мембранную.

К первой относятся технологии одно- и многоступенчатой термической дистилляции с испарителями кипящего типа, и мгновенного вскипания, ко второй – технологии обратного осмоса и электро-диализа [1].

Термическое опреснение предусматривает фазовое превращение воды и поэтому характеризуется высокими тепловыми затратами - от 2200 кДж/кг на одноступенчатых установках до 150÷200 кДж/кг на многоступенчатых. Несмотря на это, такие достоинства термического опреснения как возможность получения глубоко обессоленной воды (с удельной электропроводностью до 10 мкСм/см), слабая зависимость технологических показателей от солевого содержания исходной воды, а также наличия в ней примесей органического и биологического характера обуславливают достаточно широкое применение этой технологии в настоящее время и делают актуальным повышение ее эффективности. На одноступенчатых опреснительных установках с поверхностными испарителями на долю тепловых затрат приходится около 50%-ов себестоимости опресненной воды. Между тем такие установки представляют большой интерес для децентрализованного водоснабжения отдельных приморских объектов с охватом сегмента низких производительностей: 200÷1500 т/сут [2].

Анализ литературных данных показывает, что одним из рациональных путей снижения тепловых затрат на термическое опреснение является компрессия вторичного пара с последующим использованием его в качестве первичного пара и отводом полученного дистиллята в качестве целевого продукта. Такая компрессия достигается посредством тепловых насосов: механического, термического, абсорбционного и адсорбционного. Наиболее значимые исследования в этой области выполнены Hisman El-Dessouky с соавторами [3, с.110], А.К. El-Feky [4], Ji J.G. с соавторами [5] и другими. Из указанных методов компрессии пара наименее изученным является паровая компрессия с использованием абсорбционных тепловых насосов (АБТН). Между тем отмечаются такие достоинства этого теплового насоса, как отсутствие движущихся частей, возможность использования как отработанных паров, так и продуктов сгорания топлива, солнечной энергии. На примере океанической воды показано, что при температуре кипения в одноступенчатом испарителе – 75°C и кратности упаривания – 1,8 с использованием АБТН для компрессии вторичного пара, коэффициент выхода дистиллята повышается до 3-х [4]. Дальнейшее повышение энергетических показателей связывается с необходимостью повышения температуры кипения и кратности упаривания.

Важно отметить, что независимо от метода компрессии все известные исследования выполнены для области низких температур: 60÷90°C и кратностей упаривания менее 2-х. При этом указанные ограничения обусловлены желанием избежать или минимизировать процесс образования накипи сульфата кальция. Обычно эта проблема решается путем введения в опресняемую воду специальных

ингибиторов – антискалянгов. Но в области высоких температур антискалянты термически неустойчивы.

Цель настоящих исследований – изучение возможности повышения эффективности технологии одноступенчатого термического опреснения минерализованной воды путем использования абсорбционного теплового насоса для компрессии, а также организации процесса в области высоких температур испарения и кратностей упаривания.

Методика проведения исследований. Переход в область высоких температур и кратностей упаривания требует решения задач по предотвращению сульфатного накипобразования и коррозии металла. Вопрос коррозии для установок небольшой производительности может быть решен методом химической деаэрации - посредством Na_2SO_3 , что практикуется в технике опреснения. Для предотвращения сульфатной накипи представляет интерес нанопермембранное умягчение, обеспечивающее 95÷98%-ое снижение концентраций двухвалентных ионов [6].

Идея использования АБТН в данной системе основана на том, что при абсорбции части вторичного пара испарителя концентрированным раствором LiBr , из-за экзотермического характера процесса, выделяется большое количество тепла. Это способствует получению пара с более высокой температурой по сравнению с абсорбированным паром. Полученный высокотемпературный пар и используется в качестве греющего пара испарителя, а его дистиллят отводится в качестве опресненной воды. Концентрирование разбавленного раствора бромистого лития осуществляется в генераторе (десорбере) за счет использования стороннего пара или продуктов сгорания топлива с более высокой температурой, чем греющий пар испарителя. Однако расход этого тепла оказывается значительно меньшим чем в обычной технологии одноступенчатого термического опреснения. Эти обстоятельства и обуславливают снижение тепловых затрат на опреснение.

Согласно предлагаемой технологии опреснения (рис.1) осветленная морская вода (1) подкисляется и подвергается нанопермембранному умягчению с получением двух потоков: умягченного пермеата (2) и концентрата (3). Пермеат используется для конденсации части вторичного пара (4) испарителя и после соответствующего нагрева по линии (5) подается в абсорбер. С охлаждающей водой (6) отводится часть тепла из системы. Несконденсировавшаяся часть вторичного пара (7) также подается в абсорбер, где смешивается с концентрированным раствором бромистого лития (8). За счет выделившейся теплоты абсорбции из пермеата, поступающего на абсорбер, вырабатывается часть греющего пара испарителя (9). В качестве питательной воды испарителя используется остаточный раствор абсорбера (10). Разбавленный раствор бромистого лития (11) после теплообменника поступает в генератор где за счет тепла движущего пара (12) вырабатывается пар (13), который также используется в качестве первичного пара испарителя. Конденсат

движущего пара (15) отводится из системы. Дистиллят первичного пара испарителя (16) смешивается с конденсатом вторичного пара (17), поступа-

ющим из конденсатора и в качестве целевого продукта (опресненной воды) отводится из системы. Отвод остаточного раствора осуществляется по линии (18).

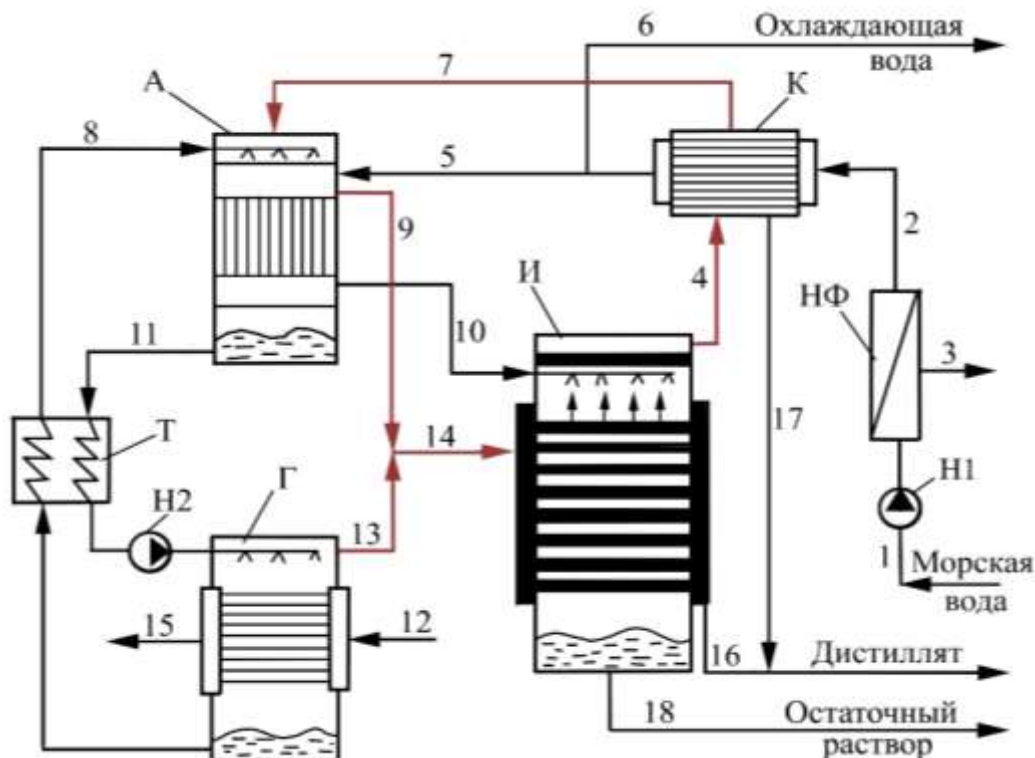


Рис.1. Принципиальная схема системы одноступенчатого термического опреснения морской воды с интегрированием АБНТ и нанофльтрационного модуля.

НФ – нанофльтрационный модуль, К – конденсатор, А – абсорбер, Т – теплообменник, Г – генератор, И – испаритель, Н1 – насос исходной воды, Н2 – насос раствора LiBr.

Исследования были проведены аналитическим методом в несколько этапов. На первом этапе была выбрана математическая модель предложенной системы. В качестве базы была использована модель, приведенная в [4]. Она основана на уравнениях материальных и тепловых балансов каждого из узлов системы, уравнении теплопередачи, температурной депрессии и ряде других выражений. Эта модель была дополнена моделью стадии нанофльтрации и моделью для оценки степени насыщения упариваемого раствора по сульфату кальция. Для моделирования стадии нанофльтрационного умягчения были использованы возможности специализированной компьютерной программы ROSA (Reverse Osmosis System Analysis) [7].

Влияние таких факторов, как кратность упаривания умягченной морской воды и температура ее кипения в испарителе на образование накипи CaSO_4 оценивалось по величине степени насыщения раствора (K , %), рассчитываемой по формуле [8, с.3]:

$$K = \frac{\lambda_{\text{Ca}^{2+}} S_{\text{Ca}^{2+}, \text{п}} \lambda_{\text{SO}_4^{2-}} S_{\text{SO}_4^{2-}, \text{п}} m^2 f_{\text{II}}^2 \cdot 10^5}{215,13 \exp(-0,034 T_{\text{кип}})} \quad (1)$$

где $\lambda_{\text{Ca}^{2+}}$ и $\lambda_{\text{SO}_4^{2-}}$ – коэффициенты, учитывающие наличие ассоциатов, не участвующих в накипеобразовании. Согласно [9, с.71] $\lambda_{\text{Ca}^{2+}} = 0,84$ и $\lambda_{\text{SO}_4^{2-}} = 0,77$; f_{II} – коэффициент активности

двухвалентных ионов, рассчитываемый по формуле Девиса; $S_{\text{Ca}^{2+}, \text{п}}$ и $S_{\text{SO}_4^{2-}, \text{п}}$ – концентрации соответствующих ионов в пермеате стадии нанофльтрационного умягчения, моль/дм³, рассчитываемые по программе «ROSA»; m – кратность упаривания воды; $T_{\text{кип}}$ – температура кипения в испарителе, °C.

На втором этапе исследования математическая модель была использована для компьютерной симуляции и изучения влияния таких факторов, как температура кипения воды в испарителе – $T_{\text{кип}}$ (60÷140°C), степень ее концентрирования – m (2÷10), температурный напор – ΔT (2÷10°C), массовая доля LiBr в концентрированном растворе – S_{LiBr} (0,5-0,7) и доля пермеата, получаемого на стадии нанофльтрации – β (0,4÷0,8) на основные технологические показатели процесса,

Исследования были выполнены на примере воды Каспийского моря с солесодержанием 12770 мг/дм³:

$$S_{\text{Ca}^{2+}} = 320; S_{\text{Mg}^{2+}} = 728; S_{\text{Na}^{+}} = 3177; S_{\text{Cl}^{-}} = 5034; S_{\text{SO}_4^{2-}} = 3264; S_{\text{HCO}_3^{-}} = 244; \text{pH} = 8.$$

В качестве основных выходных показателей процесса, характеризующих его эффективность были приняты:

- степень насыщения упариваемого раствора по сульфату кальция, K_{CaSO_4} , %;

- удельный выход дистиллята (G_d) относительно используемого движущего пара ($D_{дп}$), кг/кг:

$$d_d = G_d / D_{дп} \quad (2)$$

- степень конверсии, характеризующий выход дистиллята относительно питательной воды испарителя ($G_{пв}$), %:

$$K_k = 100 \cdot G_d / G_{пв} \quad (3)$$

- удельный расход энергии движущего пара, кДж/кг:

$$g = D_{дп} \cdot r_{дп} / G_d \quad (4)$$

где $r_{дп}$ – скрытая теплота образования пара, кДж/кг;

- удельная поверхность теплообмена, $m^2/(kg/c)$:

$$f = (F_{ис} + F_{кон}) / G_d \quad (5)$$

где $F_{ис}$ и $F_{кон}$ – площади поверхностей нагрева испарителя и конденсатора, соответственно, m^2 ;

- удельные расходы исходной морской воды, охлаждающей воды и пермеата, как частные от деления соответствующих расходов на G_d – $d_{мв}$, $d_{ох}$, $d_{пер}$, кг/кг.

Обсуждение результатов исследований. Расчеты по программе ROSA показали, что нанофильтрационная мембрана NF-90 обеспечивает возможность достаточно глубокого умягчения морской воды: содержание ионов кальция и магния снижается от 1040 мг/дм³ в исходной воде до 30÷60 мг/дм³. Одновременно достигается, в среднем, 30-кратное снижение концентрации сульфат-ионов. Поэтому даже при высоких значениях температуры кипения и кратности упаривания степень насыщения раствора по сульфату кальция не достигает 100%, что говорит о решении сульфатной проблемы (рис.2). Следствием этого является возможность достижения высоких значений степени конверсии питательной воды испарителя в опресненную воду – до 90% и более (рис.3).

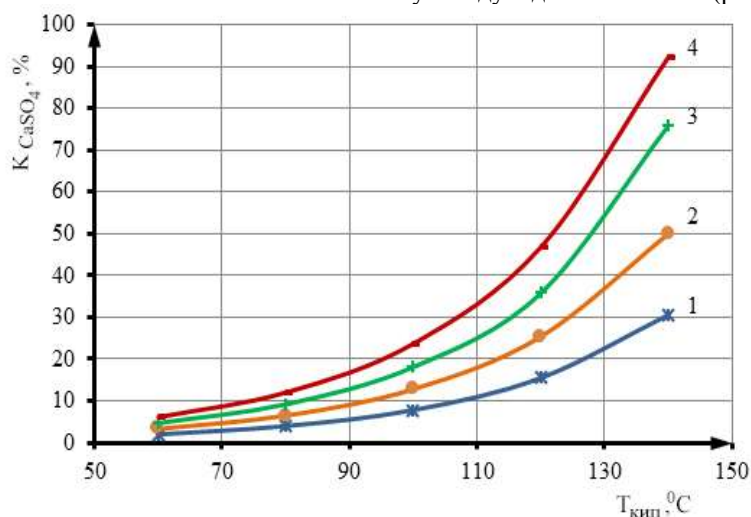


Рис.2. Зависимость степени насыщения раствора от температуры кипения при кратности упаривания $m=4(1)$; $6(2)$; $8(3)$; $10(4)$, $\beta=0,8$

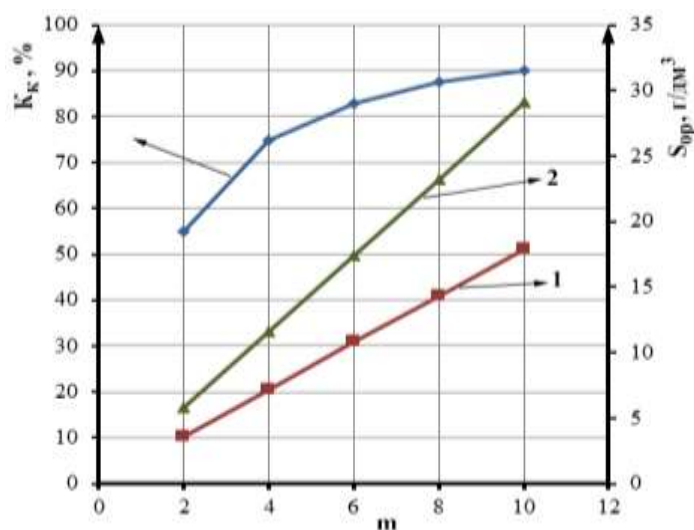


Рис.3. Зависимость степени конверсии и солесодержания остаточного раствора от кратности упаривания. 1 ($\beta=0,5$); 2 ($\beta=0,8$)

При нанофильтрации снижается не только жесткость, но в значительной степени и солесодержание морской воды – до 1,8÷2,9 г/дм³, т.е. на

59÷78% в зависимости от доли пермеата. Поэтому даже при высоких значениях кратности упаривания солесодержание концентрата не превышает 30

г/дм³, что выгодно в плане достижения низких значений температурной депрессии.

Как показано на рис.4а, в исследуемом диапазоне изменения таких факторов, как температура кипения раствора в испарителе и массовая доля LiBr в концентрированном растворе, повышение каждого из них способствует росту выхода дистиллята на каждый кг движущего пара, подаваемого из стороннего источника в генератор: от 3 до 3,5 кг/кг. Что касается такого важного энергетического пока-

зателя, как удельный расход тепла, то здесь прослеживается обратная зависимость: увеличение $T_{\text{кип}}$ и S_{LiBr} приводит к снижению удельного расхода тепла. Как видно из рис.4б удельный расход тепла изменяется в пределах 520÷740 кДж/кг полученного дистиллята. В обоих случаях температура кипения раствора в испарителе оказывает более заметное влияние на выходной показатель, чем концентрация раствора LiBr, что хорошо согласуется с данными [4].

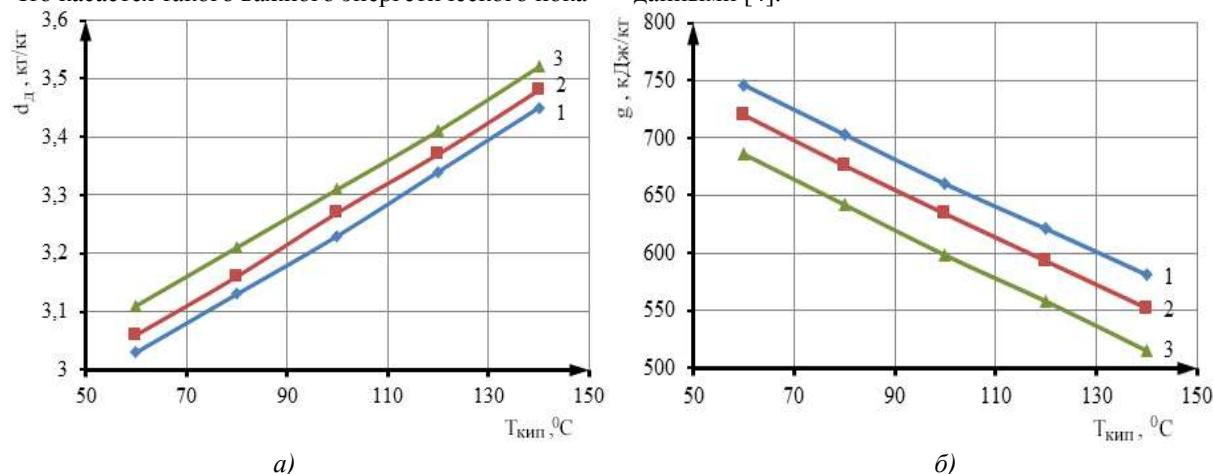


Рис.4. Влияние температуры кипения на удельный выход дистиллята (а) и удельный расход тепловой энергии (б) при $S_{\text{LiBr}}=0,5(1); 0,6(2); 0,7(3)$

Как было отмечено выше в обычных одноступенчатых системах опреснения (без теплового насоса) удельный расход тепла при температуре кипения 100°C составляет около 2200 кДж/кг. Таким образом, в рассматриваемом случае основная часть тепла (65÷75%) вырабатывается посредством АБТН. При этом чем выше температура кипения, тем ниже энергетические затраты. Поэтому целесообразно организовать процесс термической дистилляции в области температур $130\div 140^\circ\text{C}$.

О влиянии температуры кипения на величину теплообменной поверхности можно судить по данным рис. 5. Как следует из графика, с повышением температуры кипения от 60°C до 140°C суммарная

поверхность нагрева испарителя и конденсатора снижается в 2,6÷2,8 раза. Причем, влияние температуры кипения увеличивается в области низких значений температурного напора и заметно ослабевает в области $T_{\text{кип}} > 120^\circ\text{C}$. Такая закономерность объясняется повышением коэффициента теплопередачи с увеличением температуры кипения согласно результатам расчетов в исследуемом температурном диапазоне – от $2\div 2,4$ до $5,4\div 5,7$ кВт/(м²·°C). Обращает на себя внимание тот факт, что основная часть теплообменной поверхности (77÷80%) приходится на долю испарителя (рис. 6).

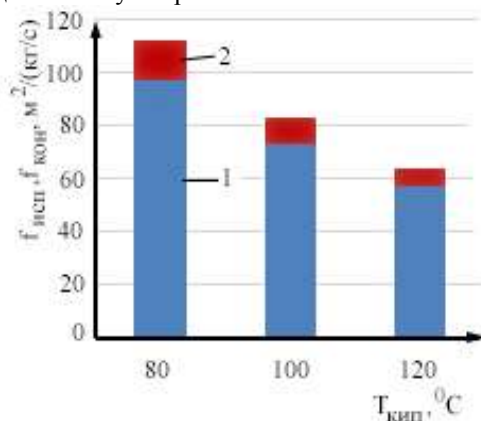


Рис.5. Зависимость удельной поверхности нагрева от температуры кипения при температурных напорах $20^\circ\text{C}(1); 40^\circ\text{C}(2); 60^\circ\text{C}(3); 80^\circ\text{C}(4); 100^\circ\text{C}(5); m=8$.

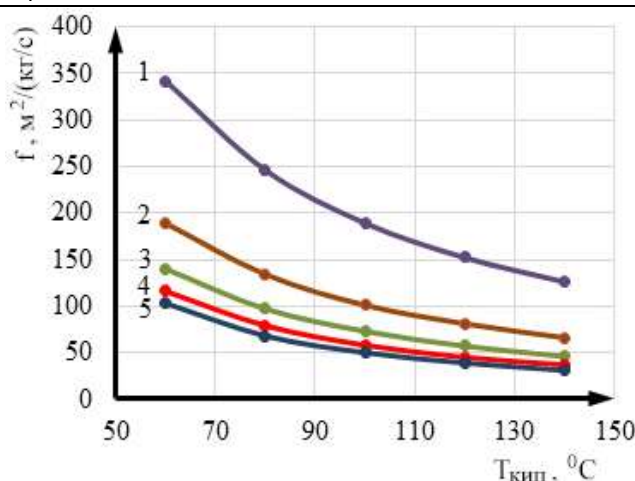


Рис.6. Соотношения между удельными поверхностями нагрева испарителя (1) и конденсатора (2), $m=8$, $\Delta T=6$ 0C 1 - $f_{исп}$; 2 - $f_{кон}$

Оптимальное значение температуры кипения, по совокупности влияния на энергетические показатели и площадь поверхности нагрева, может быть определено на основании оптимизационных расче-

тов по такому критерию, как себестоимость дистиллята. Но целесообразность высокотемпературного опреснения очевидна.

Одним из важных показателей процесса опреснения является удельный расход исходных вод. Соответствующий график приведен на рис.7.

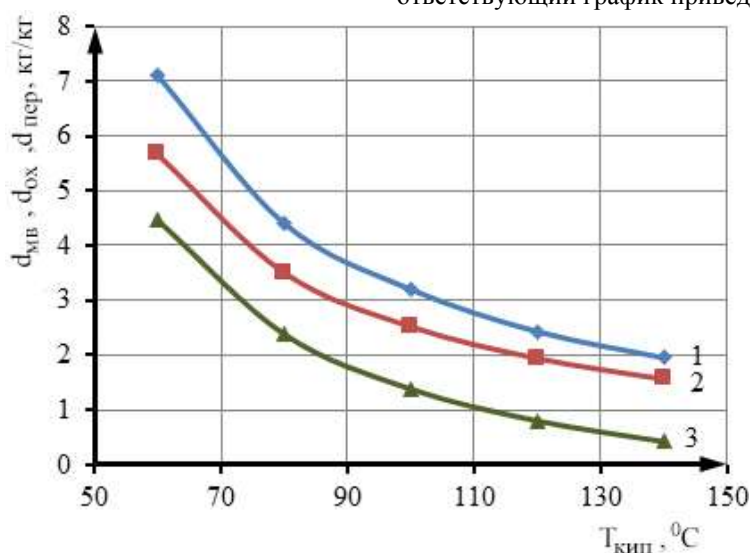
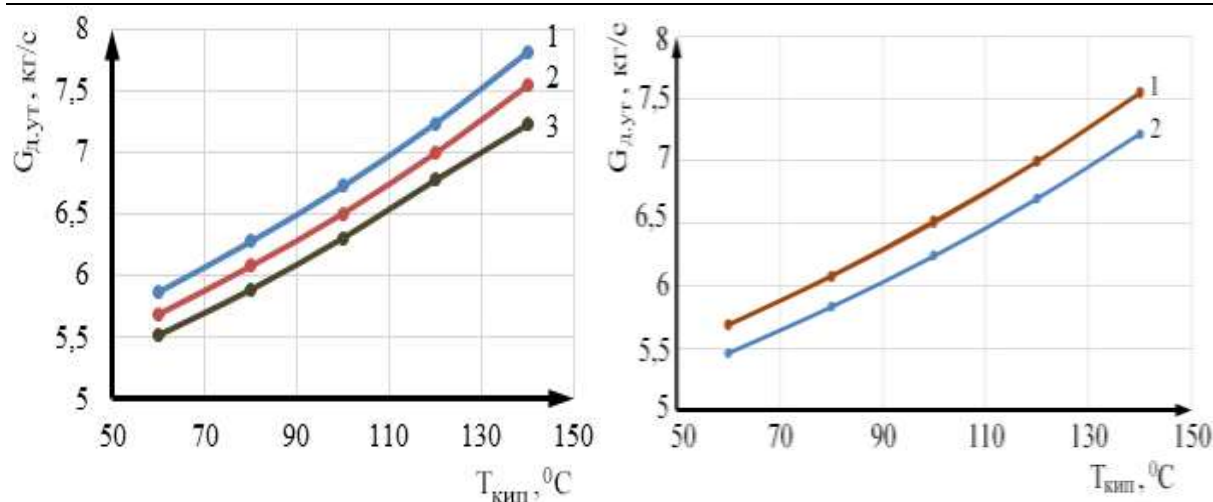


Рис.7. Зависимость удельного расхода морской воды, пермеата и охлаждающей воды от температуры кипения: $m=8$, $\Delta T=5$ 0C; 1- $d_{мв}$, 2- $d_{пер}$, 3- $d_{ох}$

Как следует из графика удельный расход каждого из потоков (морской воды, пермеата и охлаждающей воды) снижается более чем в три раза с повышением температуры кипения, соответственно снижаются энергетические затраты на прокачку воды. Это делает более выгодной работу в области температур 120÷130°C.

Часть исследований была выполнена исходя из возможности утилизации бросового тепла одного из модулей эксплуатируемой на Апшеронском полуострове Сангачальской дизельной электростанции. Ее работа характеризуется выбросом в атмосферу продуктов сгорания с температурой 500°C в

количестве 4 МВт, что приводит к тепловому загрязнению атмосферы. Как показали расчеты, посредством утилизации этого тепла может быть обеспечена выработка опресненной воды от 5,5 до 7,8 кг/с (в среднем 575 т/сут) с нулевой тепловой составляющей себестоимости. При этом, существенное влияние на количество получаемого дистиллята оказывает температура кипения воды в испарителе и достаточно слабое влияние - температурный напор и кратность упаривания: с увеличением температуры кипения от 60 до 130 °C выработка утилизационного дистиллята повышается на 30÷35% (рис.8).



а) $m=8$; 1- $\Delta T=2^\circ\text{C}$; 2(6°C); 3(10°C) б) $\Delta T=6^\circ\text{C}$; 1- $m=2$; 2- $m=10$

Рис.8. Зависимость выработки утилизационного дистиллята от температуры кипения в испарителе и температурного напора (а), и кратности упаривания (б)

Следует отметить, что в типовых проектах модульных электростанций предусмотрена утилизация тепла, но, как правило, для целей теплоснабжения. Выброс столь большого количества тепла на эксплуатируемых в республике модульных электростанций обусловлен отсутствием соответствующей тепловой нагрузки. Вполне очевидно, что с учетом региональных особенностей, новое поколение модульных электростанций может быть изначально запроектировано из расчета утилизации бросового тепла для целей опреснения, в том числе при интегрировании с АБТН.

Выводы. 1. Энергетическая эффективность одноступенчатых установок термического опреснения для может быть повышена путем их интегрирования с абсорбционными тепловыми насосами, которые позволяют сжать вторичный пар испарителя до более высоких параметров и повторно использовать в качестве первичного пара. Установлено, что при этом удельный расход движущего (стороннего) тепла составляет лишь 30÷35% от расхода тепла, характерного для обычных одноступенчатых испарительных установок.

2. Нанопермационное умягчение морской воды позволяет исключить опасность выпадения накипи CaSO_4 , обеспечить высокие значения степени конверсии дистиллята относительно питательной воды (до 90%) и путем организации процесса термической дистилляции в области более высоких температур ($120\div 130^\circ\text{C}$), существенно снизить удельный расход тепла и удельную поверхность нагрева, т.е. в совокупности повысить эффективность технологии опреснения.

3. Использование в качестве движущей энергии абсорбционного теплового насоса бросового тепла одного модуля дизельной электростанции в виде продуктов сгорания с температурой 500°C в

количестве 4 МВт может обеспечить выработку 575 т/сутки дешевого дистиллята, одновременно исключить экологический ущерб, наносимый окружающей среде.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Peter G. Youssef, Saad M. Mahmoud, Raya K. Al-Dadah. Seawater desalination technologies. International Journal of Innovation Science and Research. 2015, Vol.4, No8, pp. 402-422.
2. Фейзи́ев Г.К. Высокоэффективные методы умягчения, опреснения и обессоливания воды. Изд. 2-е, «Тахсил» ТПП, Баку, 2009, 442 с.
3. El-Dessouky H.T., Ettouney H.M. Fundamentals of Salt Water. Desalination ELSEVER, Amsterdam, Tokio, 2002, p.691.
4. A.K.El-Feky. Mechanical Vapor Compression Desalination System Optimal Design. Arab Journal of Nuclear Science and Applications, 49(3), (1-13), 2016.
5. Ji J.G., Wang R.Z., Li L.X., Ni H. Simulation and analysis of a single thermal vapor compression system at variable operation conditions. Chemical Engineering & Technology, 2007, 30(12), 1633-1646.
6. Bassel A.Abdelkader, Mohammed A.Antar & Zafarulla Khan. Nanofiltration as a Pretreatment Step in Seawater Desalination: A Review. Arabian. Journal for Science Engineering. 43, 4413-4432(2018).
7. ROSA Membrane Projection Software. www.desalitech.com
8. Агамалиев М.М., Ахмедова Д.А. Исследование технологии парокомпрессионного опреснения воды Каспийского моря с предварительным нанопермационным умягчением. Энергосбережение и водоподготовка, №5(121), Москва, 2019, с.3-9.
9. Gloede M, Melin T. Physical aspects of membrane scaling. Desalination 224. 2008. p.71-75.

STUDY OF THE POSSIBILITY OF RECYCLING WASTE OF METALLURGICAL PRODUCTS FOR RECEIPT OF GLASS CRYSTAL**Plemyannikov M.***Candidate of Technical Sciences, Professor
Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute***Zhdaniuk N.***Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor
Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute***ВИВЧЕННЯ МОЖЛИВОСТІ УТИЛІЗАЦІЇ ВІДХОДІВ МЕТАЛУРГІЙНИХ ВИРОБНИЦТВ ДЛЯ ОТРИМАННЯ СКЛОКРИСТАЛІЧНИХ МАТЕРІАЛІВ****Плем'яніков М.***кандидат технічних наук, професор КПІ ім. Ігоря Сікорського
Жданюк Н.**кандидат технічних наук, асистент КПІ ім. Ігоря Сікорського***Abstract**

The article explores the possibility of recycling iron ore enrichment by glass technology. Based on the research, the influence of MgO and Na₂O additives on the ore wastes on the technological characteristics of the synthesized glass was established. The optimum temperature for synthesis, annealing and crystallization of glass samples in the (Fe₂O₃-FeO)-SiO₂-MgO-Na₂O system was determined. Warehouses of new glass-crystalline materials with high decorative properties have been developed, which will allow utilization of iron ore dressing waste and significantly increase the environmental safety level of their accumulation area.

Анотація

У статті вивчено можливість утилізації відходів збагачення залізних руд за скляною технологією. На основі досліджень встановлено вплив добавок MgO и Na₂O до відходів рудозбагачення на технологічні характеристики синтезованого скла. Встановлено оптимальну температуру синтезу, відпалу та кристалізації зразків скла у системі (Fe₂O₃-FeO)-SiO₂-MgO-Na₂O. Розроблено склади нових склокристалічних матеріалів з високими декоративними властивостями, що дозволить утилізувати відходи рудозбагачення залізних руд та значно підвищити рівень екологічної безпеки району їх накопичення.

Keywords: wastes of the mining and metallurgical complex, glass formation, crystallization ability, thermal coefficient of linear expansion, viscosity.

Ключові слова: відходи гірничо-металургійного комплексу, склоутворення, кристалізаційна здатність, термічний коефіцієнт лінійного розширення, в'язкість.

Вступ. У наслідок роботи гірничо-збагачувальних комбінатів (ГЗК) Кривбасу накопиченні відвали порід, так званих хвостів збагачення, що створюють серйозні економічні та екологічні проблеми в районах з розвиненим гірничо-металургійним виробництвом. Тільки на Кривбасі хвостосховища такого типу займають площу близько 7–10 тис. га, що призводить до погіршення екологічної ситуації в регіоні [1, 2].

Необхідно відмітити, що на даний час накопичений достатній досвід утилізації відходів Криворізького гірничо-збагачувального комбінату, однак, масштаби та темпи освоєння цих ресурсів для виробництва будівельних матеріалів не можна визнати задовільними.

Так звані хвости, хоча і є відходами, але мають високу ресурсну цінність. У їх складі присутні SiO₂, FeO, Fe₂O₃, CaO, MgO, Al₂O₃, Na₂O та ін. Саме тому, була вивчена можливість використання хвостів як основного компоненту сировинної суміші для отримання шляхом скловаріння облицювального матеріалу з високим декоративним ефектом. У зв'язку з цим, створення нових технологій утилізації відходів рудозбагачення по скляній технології є актуальним науково-практичним завданням.

Аналіз останніх досліджень та публікацій.

Використання вторинної сировини сприяє зниженню екологічного навантаження на навколишнє середовище, розширенню мінерально-сировинної бази і скорочення потреби в первинній сировині [3,4].

Аналіз літературних джерел показав, що на даний час накопичений певний досвід використання відходів чорної металургії для виробництва різноманітних будівельних матеріалів, у тому числі скла та склокристалічних матеріалів [5]. Професором Мінько Н.І. проведено наукове обґрунтування можливості використання відходів ГПК Курської магнітної аномалії з високим вмістом оксидів заліза для отримання марблїта, ситалів та виробів кам'яного лиття [6-8].

Аналіз причин низького залучення вторинної сировини в переробку показав, що більше 90% таких матеріалів суттєво відрізняються від традиційних по мінеральному та хімічному складу, фізико-хімічним та технологічним властивостям, [9, 10]. Використання такої сировини у технологічних процесах потребує регулювання властивостей сировини і кінцевої продукції, управління параметрами

технологічного процесу [5, 11]. Як відомо, промислове скло характеризується дуже низьким вмістом оксидів заліза, що мають здатність забарвлювати його. Для промислових стекол вміст оксидів заліза обмежується в масових %: 0,012-0,025. Так як у відходах рудозбагачення чорних металів вміст оксидів заліза перевищує ці показники у десятки разів, потребує використання спеціальних технологічних рішень [9, 12].

У роботі [3] були встановлені взаємозв'язки складу вторинної сировини і ряду найважливіших технологічних властивостей - температури повного плавлення, в'язкості при заданій температурі, розчинності в розплаві компонентів, ініціюють ліквідацію та забезпечують хімічну стійкість отриманих матеріалів. Вплив компонентів скла, що здатні ініціювати ліквідацію та дозволяє отримати різнобарвне скло вивчено Суворовою О.В. та Макаровою І.В. [13, 14].

Мета статті, постановка задачі. Вивчення можливості утилізації відходів гірничорудної промисловості по скляній або ситаловій технології.

Для досягнення мети необхідно виконати наступні задачі:

- встановити дослідним шляхом можливість отримання скла та склокристалічних матеріалів на основі відходів рудозбагачення та встановити їх оптимальні склади;
- вивчити в'язкісні характеристики отриманих зразків: визначити термічні коефіцієнти лінійного розширення (ТКЛР), температури розм'якшення (T_p) та відпалу (T_g);
- дослідити кристалізаційну здатність та області ліквідації в системі (Fe_2O_3 - FeO)- SiO_2 - MgO - Na_2O .

Методи дослідження. Предметом дослідження були відходи збагачення залізної руди Криворізького гірничо-збагачувального комбінату, так звані «хвости» рудозбагачення.

Об'єкт дослідження – залежність в'язкісно-температурних характеристик скла на основі відходів рудозбагачення від складу.

Синтез скла та склокристалічних матеріалів на основі хвостів рудозбагачення здійснювався шляхом додаткового введення в шихту оксидів Na_2O та MgO . Компоненти подрібнювали, просіювали та для варки скла відбирали фракцію $\leq 0,5$ мм.

Варку скла проводили у шамотних тиглях ємністю 250 мл у лабораторній печі при температурі $1450 \pm 10^\circ C$ протягом 2 год. Відпал зразків відбувався у муфельній печі при температурі 550-600 $^\circ C$. Кристалізація зразків скла відбувалася також в муфельній печі при температурах 800-1000 $^\circ C$.

Дилатометричні дослідження зразків проводили на дилатометрі ДВК-4. Довжина зразка для аналізу складала 50 ± 1 мм.

Аналіз еволюції дилатометричної кривої дозволяє встановити три важливих для технології скла параметри. Температурний коефіцієнт лінійного розширення. Теплове розширення характеризують температурним коефіцієнтом лінійного розширення (ТКЛР). ТКЛР – це відносне подовження тіла при нагріванні його на $1^\circ C$. Він визначається як для певного температурного інтервалу, так і для всього прямолінійного відрізка. Середнє значення його обчислюють по формулі:

$$\alpha_{t_0-t} = \frac{\Delta l}{l_0 \cdot \Delta t}, ^\circ C^{-1},$$

де Δl – подовження зразка при зміні його температури від t_0 до t , мм; l_0 – початкова довжина зразка при t_0 , мм; t_0, t – відповідно початкова і кінцева температура, $^\circ C$; Δt – різниця температур, $^\circ C$.

Температура трансформації є приблизною є температурою відпалу (T_g). Ця температура є нижньою межею аномального інтервалу. Вона приблизно відповідає в'язкості 10^{12} Па·с та визначається точкою зламу на кривій між першою та другою ділянкою. Перехід до аномального інтервалу може бути різкий або поступовий. В останньому випадку температура визначається точкою перетину двох дотичних прямих, як це показано на рис. 1.

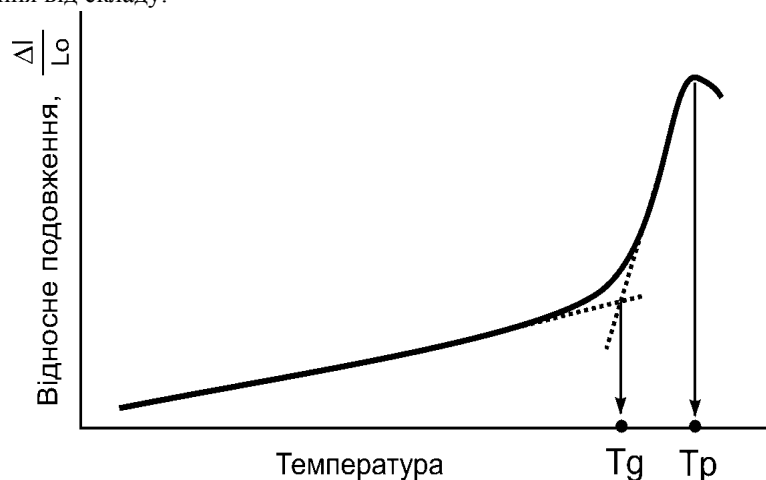


Рис. 1. Дилатометрична крива із характерними точками.

Рентгенофазовий аналіз здійснювався на дифрактометрі ДРОН 3М. Рентгенівська трубка: CuKa. $U = 30\text{ kV}$. Ідентифікацію фаз здійснювали за допомогою картотеки ICDD.

Термогравіметричні дослідження сорбентів проводили на приладі Derivatograph Q-1500 (Угорщина) системи «Паулік-Паулік-Ердей». Зразки аналізували в динамічному режимі зі швидкістю нагрівання $10^\circ\text{C}/\text{хв}$ до 1000°C в атмосфері повітря. Маса зразків становила 1500 мг. Еталонною речовиною взятий Al_2O_3 . В експериментах використовувався платиновий тигель. Чутливість за шкалою ДТА – 250 мкВ.

Результати та їх обговорення. Хвости збагачення руд представляють собою пісок темно сірого

кольору з високим вмістом заліза. Дані відходи рудозбагачення можуть бути віднесені до феро- та феросилікатних систем. Специфічною особливістю відходів рудозбагачення ГЗК Криворізьського басейну є неймовірно висока кількість оксидів заліза (12–15 мас. %) [15]. При цьому Ферум (II) оксид та Ферум (III) оксид містяться приблизно у однакових кількостях. Основним компонентом хвостів рудозбагачення є Силіцій (IV) оксид. У відходах присутні у невеликих кількостях оксиди лужноземельних металів, алюміній оксид, а також фосфор та сірка, вміст яких незначний. Втрати при прожарюванні (в.п.п.) склали 11,02%. Хімічний склад хвостів рудозбагачення представлено в таблиці 1.

Таблиця 1

Хімічний склад хвостів рудозбагачення, %

Складова хвостів	Fe_2O_3	FeO	SiO_2	CaO	MgO	Al_2O_3	P	S	в.п.п.
Вміст, %	7,62	8,18	63,1	3,58	5,44	0,89	0,065	0,112	11,02

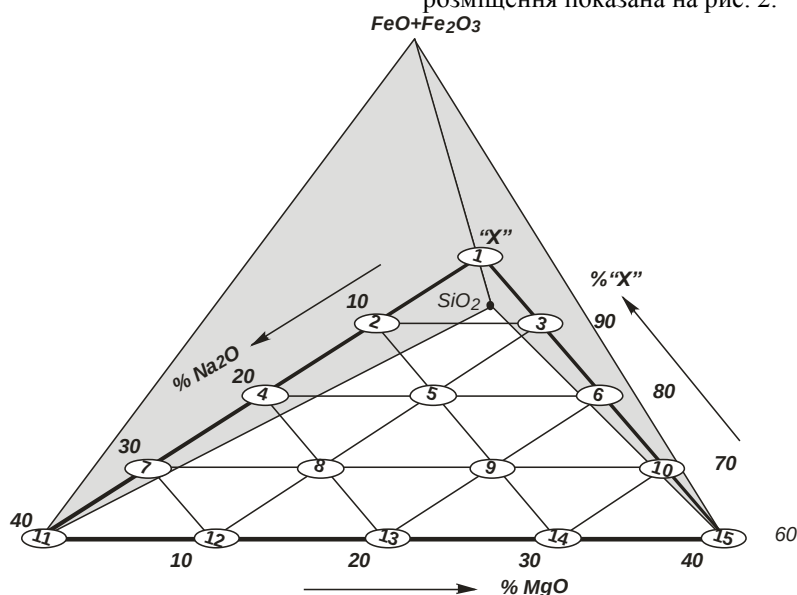
Таким чином, у хвостах рудозбагачення присутні всі ті компоненти, що у тій чи іншій мірі містяться у більшості стекл. Виключення складають тільки оксиди заліза.

У зв'язку з переважаючим вмістом кремнезему (SiO_2) і оксидів заліза (Fe_2O_3 та FeO), даний склад можна розглядати як бінарну систему. Така система характеризується високою тугоплавкістю та не може безпосередньо бути використана у класичній скляній технології. Тому до складу шихти, крім відходів рудозбагачення потрібно ввести компоненти, що понизять температуру варки – плавні.

У даній роботі, у якості підшихтовки використано MgO та Na_2O . Магній оксид недефіцитний компонент, у склад шихти його можна ввести магnezитом. Відносно недефіцитним компонентом є Натрій оксид. Він може бути введеним содою або натрійвмістними відходами. Це дозволить суттєво знизити температуру синтезу скла.

Таким чином, для досліджень вибрана чотирьохкомпонентна система, представлена просторовою фігурою – тетраедром. Вершина тетраедра – ($\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$). Віддалена вершина SiO_2 . Праворуч і ліворуч на передньому плані MgO та Na_2O , відповідно. Змінюючи кількість Натрій та Магній оксидів у всіх випадках отримано склади, які лежать на площині нахиленого перерізу тетраедра, що проходить через ребро « Na_2O - MgO ». Точка «х» відповідає співвідношенню оксидів ($\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$) / SiO_2 , що містяться у прокаленому залишку «хвостів». Вміст Al_2O_3 є незначним, менше 1%, тому він не винесений на діаграму.

Для отримання систематизованих даних по властивостям силікатних розплавів у полі перерізу, що примикає до точки «х». Це поле розбито на трикутну сітку з кроком по вмісту компонентів 10 %. Таким чином, дослідили склади: «х» – (60-100%), Na_2O – (0-40%) та MgO – (0-40%), що відповідають вузлам сітки. Таких складів обрано 15. Схема їх розміщення показана на рис. 2.

Рис. 2. Схема вибору складів стекл у системі $(\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-FeO})\text{-SiO}_2\text{-MgO-Na}_2\text{O}$

В'язкісні характеристики стекол даної системи не можуть бути визначені безпосередньо за класичними методами оскільки дані склади дуже схильні до кристалізації. Перебіг процесів кристалізації впродовж термостатування зразків спотворить кінцевий результат вимірювання. Тому ми обмежились двома характеристичними температурами, а саме: температурою відпалу T_g і температурою

розм'якшення під навантаженням T_p . Вони побічно можуть надати уявлення про еволюцію в'язкості в певному інтервалі температур. Ці температури були визначені методом дилатометрії. Розподіл дилатометричних температур розм'якшення (T_p) та температури відпалу (T_g) у системі $(Fe_2O_3-FeO)-SiO_2-MgO-Na_2O$ наведені на рис 3.

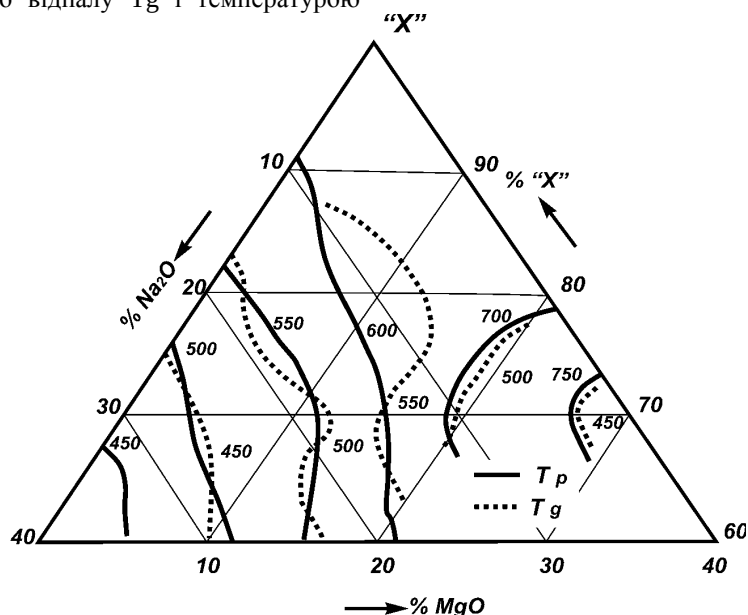


Рис. 3. Розподіл дилатометричних температур розм'якшення (T_p) та температури відпалу (T_g) у системі $(Fe_2O_3-FeO)-SiO_2-MgO-Na_2O$

Найбільш тугоплавкими є високомагнієві склади. Можна констатувати, що фронт ізолейн T_g і T_p в бік зниження їх значень віддається спочатку від цих складів, а потім від сторони трикутника «X»-MgO. Сильну флюсоуючу дію надає Na_2O .

Розраховані значення ТКЛР стекол представлені у вигляді діаграми на рис. 4. В досліджуваних

системі ТКЛР змінюється в діапазоні $(80 \div 140) \cdot 10^{-7}, K^{-1}$. Переважний вплив на збільшення ТКЛР Р в області високомагнієвих складів виказує зменшення вмісту MgO, а потім – збільшення вмісту Na_2O .

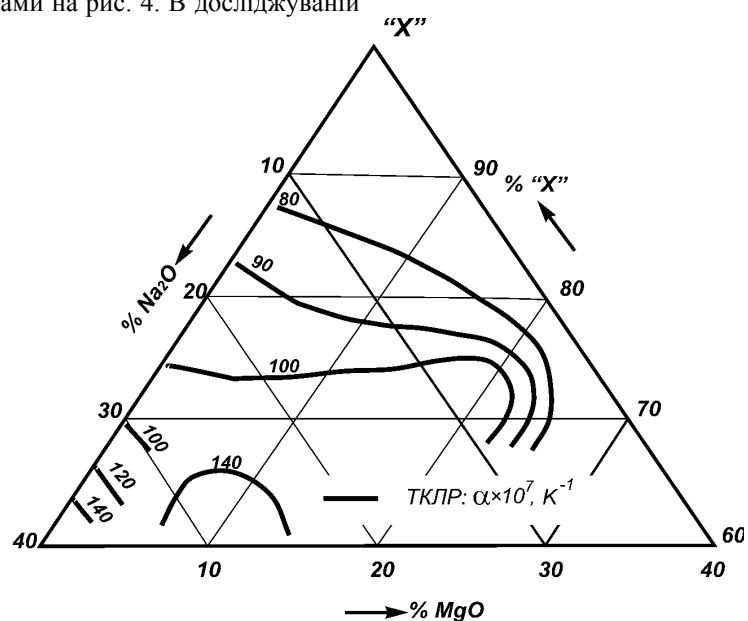


Рис. 4. Розподіл значень ТКЛР у системі $(Fe_2O_3-FeO)-SiO_2-MgO-Na_2O$

Кристалізаційна здатність зразків оцінювалась за результатами ДТА по величині піку екзотермічного ефекту (рис. 5).

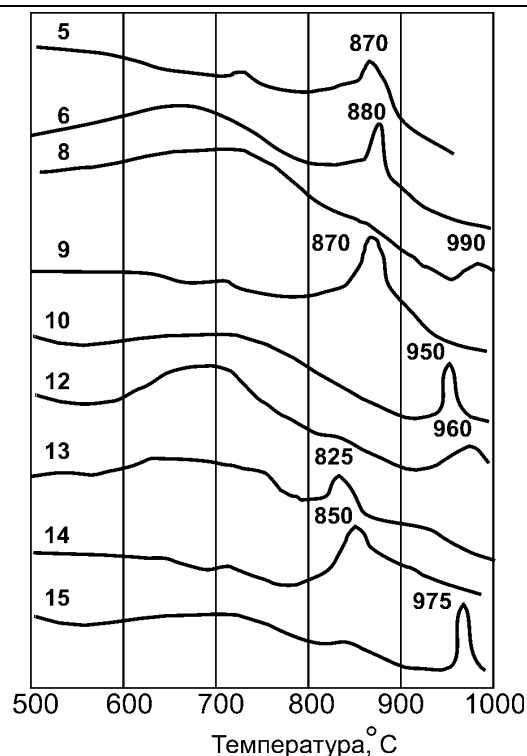


Рис. 5. Результати диференціального термічного аналізу синтезованих зразків

На рисунку 6 наведена бальна оцінка здатності до кристалізації декотрих складів і відповідна тем-

пература екзофекта. Закристалізовані зразки не-прогнозовано покращували або погіршували свої декоративні властивості у порівнянні з вихідними.

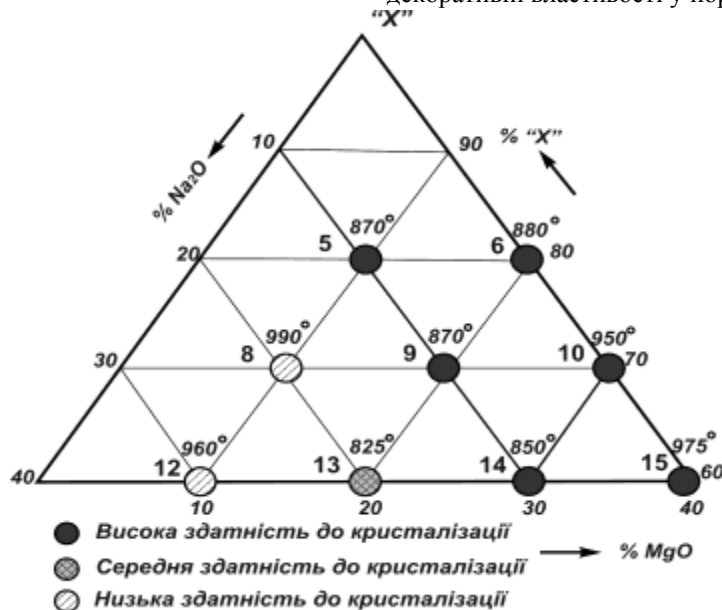


Рис. 6. Здатність до кристалізації стекол у системі $(\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-FeO})\text{-SiO}_2\text{-MgO-Na}_2\text{O}$

Рентгенофазовий аналіз був здійснений вибірково для двох складів, позначених на рис. 7 точками 2 і 5. Як витікає з рентгенограми (і це цілком очікувано), в продуктах кристалізації широко представлені мінерали на основі оксидів феруму; гематит – Fe_2O_3 ; ферит – Fe_3O_4 ; феро-магнезіальна

шпінель – $\text{MgO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$. Присутні також силікати кальцію і магнію: діопсид – $\text{CaO}\cdot\text{MgO}\cdot 2\text{SiO}_2$; кліноенстатит – $\text{MgO}\cdot\text{SiO}_2$. У висококремнеземистого складу №2 в продуктах кристалізації присутній також кристобаліт – SiO_2 .

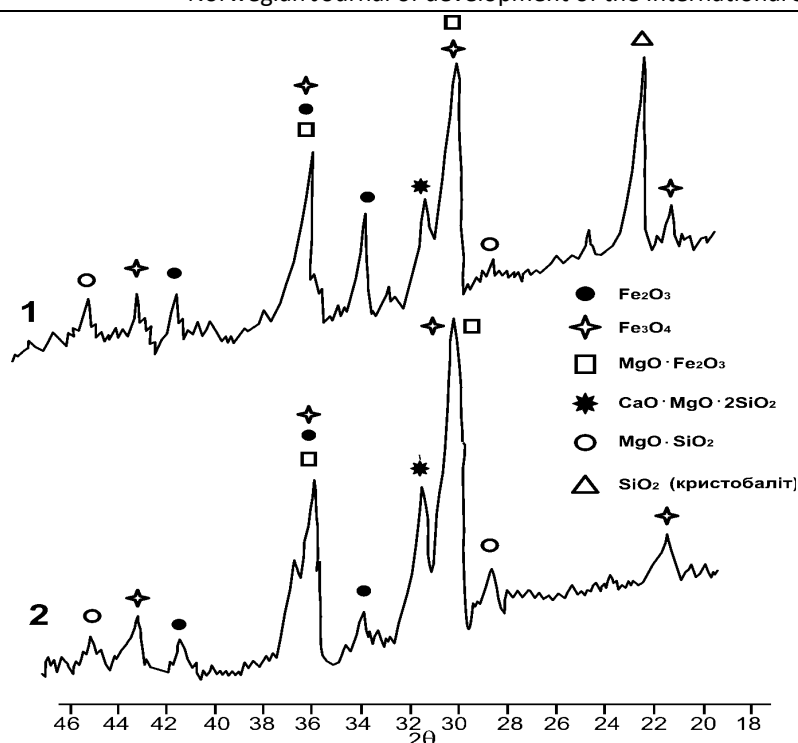


Рис. 7. Рентгенофазовий аналіз 1- склад №2; 2 - склад №5

Важливою технологічною властивістю розплаву є здатність до формування. Для всіх зразків можуть бути застосовані наступні методи: вилив в форму або прокат. Всі склади, крім 1,3 та 14 показали високі формувальні властивості. Більшість зразків мали глибокий чорний колір та глянцевою поверхню, зразки № 5 та 13 а деякі мали розводи олив-

кового на димчаго кольору відповідно. Після кристалізації зразки скла з підвищеним вмістом Na_2O набували бурого відтінку, що пояснюється наявністю фериту та погіршує декоративні властивості. Оцінка технологічних і декоративно-експлуатаційних властивостей синтезованих матеріалів проводилася візуально, результати яких зведені в таблиці 2.

Таблиця 2

Критерії оцінки технологічних та декоративних властивостей отриманих матеріалів

Бали	Оцінка
Критерії оцінки варильної здатності скла	
0	гомогенний силікатний розплав не може бути отриманий при прийнятних температурах
1	гомогенний силікатний розплав імовірно може бути отриманий, але для цього необхідні більш високі температури і більш тривалий час
2	гомогенний силікатний розплав може бути отриманий при температурі 1500°C протягом 2-х годин
3	гомогенний силікатний розплав може бути отриманий при температурі 1400°C протягом 2-х годин
Критерії оцінки агресивності скломаси по відношенню до шамоту	
0	взаємодії немає
1	взаємодії розплаву з вогнетривом слабе
2	під час варіння відбувається потоншення тигля з ризиком витікання розплаву
3	скломасу зварити неможливо, відбувається роз'їдання тигля і витікання розплаву
Критерії оцінки рельєфу поверхні отриманих матеріалів (чисельник - скло, знаменник - зразок після кристалізації)	
0	поверхню ідеально вогненно-полірована
1	поверхню злегка хвиляста
2	поверхня має шорстку текстуру
3	дуже сильне викривлення поверхні
Оцінка декоративних властивостей отриманих матеріалів (чисельник - скло, знаменник - зразок після кристалізації)	
0	декоративних властивостей немає
1	декоративні властивості слабкі
2	декоративні властивості на рівні відомих
3	особливі декоративні властивості відрізняються новизною

Результати оцінки технологічних та декоративних властивостей отриманих матеріалів зведені в таблицю 3. Враховуючи всі характеристики зразків можна констатувати, що для виробництва

лицювальних матеріалів можуть бути використані склади № 2, 5, 6, 8, 9, 10, 12, 15. Оптимальними складами є 5, 6, 10 та 15.

Таблиця 3

Зведені результати оцінки технологічних та декоративних властивостей отриманих матеріалів

Номер точки	Склад, %			Варильна здатність	Агресив-ність роз-плаву	Рельєф поверхні	Декоративні властивості
	"X"	Na ₂ O	MgO				
1	100	0	0	0	0	0/0	0/0
2	90	10	0	2	0	0/1	1/0
3	90	0	10	0	0	0/0	0/0
4	80	20	0	3	1	0/2	1/0
5	80	10	10	3	1	0/1	1/1
6	80	0	20	3	2	0/0	1/3
7	70	30	0	3	1	1/3	0/0
8	70	20	10	3	1	0/1	1/0
9	70	10	20	3	1	0/1	1/0
10	70	0	30	3	2	0/1	1/3
11	60	40	0	3	1	1/3	0/0
12	60	30	10	3	1	0/2	1/0
13	60	20	20	3	1	0/1	1/1
14	60	10	30	0	1	1/0	1/0
15	60	0	40	3	2	0/3	1/2

На рис. 8 приведені фотографії отриманих матеріалів, які можуть бути використані як лицювальна плитка. Макрохвиляста структура по-

верхні з градацією кольорності обумовлена високою схильністю складів системи (Fe₂O₃-FeO) -SiO₂-MgO-Na₂O до макроліквізації.

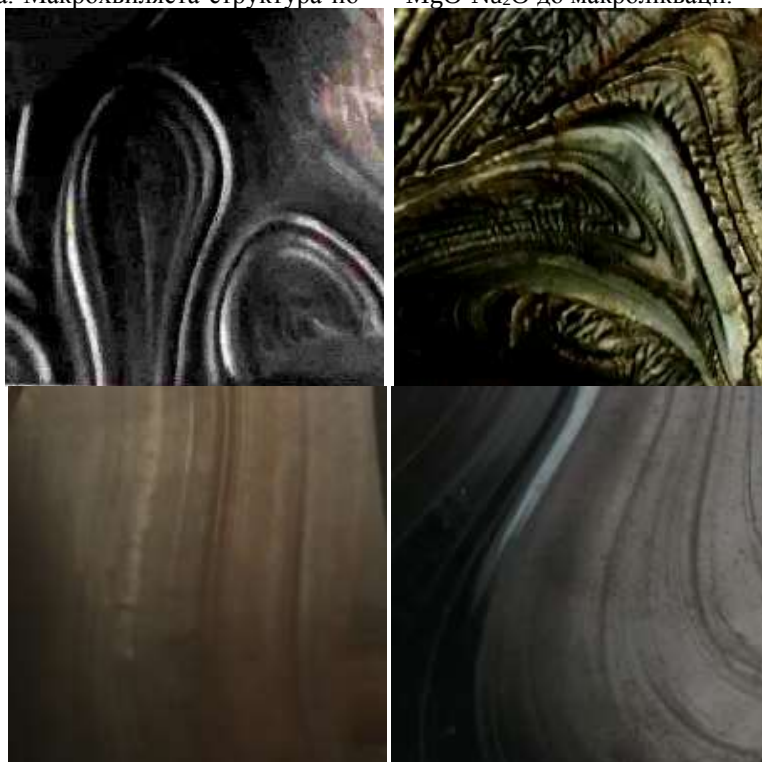


Рис.8. Фотографії отриманих зразків скла та склокристалічних матеріалів

Висновки. Проведено комплексне дослідження склоутворення у системах (FeO+Fe₂O₃)-MgO-Na₂O-SiO₂. Вивчено вплив хімічного складу на варильні та формувальні характеристики скляної маси, а також визначено температури відпалу і розм'якшення скла.

Встановлені оптимальні склади шихти для отримання облицювальних матеріалів з високими

технологічними характеристиками та декоративним ефектом.

Визначена кристалізаційна здатність складів у системах (FeO+Fe₂O₃)-MgO-CaO-SiO₂. Для всіх складів визначений оптимальні режими термообробки з метою отримання склокристалічних матеріалів та вивчено вплив хімічного складу на властивості ситалів.

Таким чином, проведені дослідження підтвердили, що технологічні властивості силікатних розплавів на основі відходів рудозбагачення можуть бути утилізовані за скляною технологією.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Жданюк Н.В., Племянников М.М. Новый стеклокристаллический материал на основе отходов металлургических производств // Актуальні питання хімії та інтегрованих технологій: матеріали міжнар. наук. - практ. конф. присвяченої 80-річчю кафедри хімії ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, Харків, 7–8 листоп. 2019 р. — С. 126.
2. Сметана О.М., Сметана Н.А. Літогеохімічна концепція поводження з відходами збагачення руд // Екологія і природокористування. — 2011. — Вип. 14. — С. 178-184.
3. Игнатова А. М. Алгоритм исследования техногенного сырья для производства волокна и литых заготовок петруггическим рециклингом // Научно-технический вестник Поволжья. — 2013. — № 4. — С. 160–165.
4. Осауленко Р.Н., Репникова Е.А., Макаров А.Н., Суворова О.В. Рентгенографическое исследование структуры многокомпонентных стекол на основе горнопромышленных отходов // Кристаллография. — 2004. — Т. 49 — №4. — С. 649-654.
5. Piatak N. M., Parsons M. B., Seal P. R. R. Characteristics and environmental aspects of slag: a review // Applied Geochemistry. 2015. Vol. 57. P. 236–266.
6. Минько Н.И. Возможность использовать попутнодобываемых пород бассейна Курской магнитной аномалии в качестве сырья для стекольной промышленности // Тез. Докл. II Всесоюз. Совещания «Науч.-техн. Прогресс в производства стекла». М.: ВДНХ.1983. С.72.
7. Минько Н.И., Жерновая Н.Ф. Стеклообразование и свойства стекол в системах $\text{Na}_2\text{O}-\text{Fe}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ // Тезисы докладов II Всесоюз. Совещания «Науч.-техн. Прогресс в производства стекла». М.: ВДНХ.1983. С.176.
8. А.с. СССР № 937370 Черное стекло / Минько Н.И., Белоусов Ю.Л., Чуйко К.Б., Жерновая Н.Ф. Бюллетень № 23.
9. Возможности и перспективы использования отходов горнопромышленного комплекса для получения стекла и стеклокристаллических материалов / О. В.Суворова, Д. В. Макаров, Р. Г. Мелконян, И. В. Макарова. // Экология промышленного производства. — 2011. — №1. — С. 54–60.
10. Использование горнопромышленных отходов как сырья для производства строительных и технических материалов / В. Н. Макаров [и др.] // Химия в интересах устойчивого развития. — 1999. — Т. 7, № 2. — С. 183–187.
11. Мелконян Р.Г. Исследование возможности и перспективы использования отходов стекла и горнопромышленного комплекса для получения стеклокристаллических материалов // Горный информационно-аналитический бюллетень —. 2015. № S1. — С. — 631–648.
12. Р. Г. Мелконян, О. В. Суворова, Д. В. Макаров. Опыт и перспективы использования отходов горно-металлургического комплекса для получения стекол и стеклокристаллических материалов // Вестник Кольского научного центра РАН. — 2016. № 24. — С.81-88.
13. Суворова О. В. Использование горнопромышленных отходов для получения стекла и стеклокристаллических материалов: автореф. дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук: спец. 11.00.11 «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов» / Суворова О. В. — Апатиты, 1998. — 18 с.
14. Макарова И.В. Снижение техногенной нагрузки на окружающую среду при использовании отходов горнопромышленного комплекса в производстве силикатных материалов: автореф. дис. на соискание ученой степени док. техн. наук: спец. 03.00.16 «Экология» / Макарова И.В., 2005. — 40 с.
15. Губіна В.Г., Кадошніков В.М., Заборовський В.С., Кузенко С.В., Горлицький Б.О., Бондаренко Г.М. Вивчення можливості використання відходів збагачення залізистих кварцитів в народному господарстві // Зб. наук. пр. ІГНС НАН України «Геохімія та екологія». — Вип.14. — К. — 2007. — С. 156–165.

DEVELOPMENT OF A ROADMAP OF COMMUNICATIONS MANAGEMENT IN EDUCATIONAL PROJECTS**Lebed I.**

*Candidate of technical sciences, Associate professor,
Department of International Transportation and Customs Control,
National Transport University,
Kyiv, Ukraine*

Tkachenko V.

*Associate professor Department of Transport Law and Logistics,
National Transport University,
Kyiv, Ukraine*

РОЗРОБКА ДОРОЖНЬОЇ КАРТИ УПРАВЛІННЯ КОМУНІКАЦІЯМИ В ОСВІТНІХ ПРОЕКТАХ**Лебедь И.Г.**

*кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры международных перевозок и таможенного контроля,
Национальный транспортный университет,
г. Киев, Украина*

Ткаченко В.А.

*доцент кафедры транспортного права и логистики
Национальный транспортный университет,
г. Киев, Украина*

Abstract

The article presents a Roadmap for effective communication management in educational projects. The roadmap at each stage of the process (identification of project stakeholders, communication planning, dissemination of information, management of project stakeholder expectations, implementation reports) determines the necessary input parameters for managing effective interactions of both internal and external stakeholders. The tools and methods that will ensure the achievement of the desired result are identified. The result of each stage is the source documentation for managing the communications of external and internal stakeholders

Анотація

В статті представлена Дорожня карта для ефективного управління комунікаціями в освітніх проектах. Дорожня карта на кожному етапі процесу (визначення зацікавлених сторін проекту, планування комунікацій, поширення інформації, управління очікуваннями зацікавлених сторін проекту, звіти про виконання) визначає необхідні вхідні параметри для здійснення управління ефективними взаємодіями як внутрішніх так і зовнішніх стейкхолдерів. Визначено інструменти та методи, які забезпечать досягнення необхідного результату. Результатом кожного етапу є вихідна документація для управління комунікаціями зовнішніх та внутрішніх стейкхолдерів

Keywords: educational project, road map, communications management.

Ключові слова: освітній проект, дорожня карта, управління комунікаціями.

Стратегія інноваційного розвитку передбачає набуття та збереження технологічної переваги (тобто конкурентної спроможності). Однак такі фактори, як якісна освіта, наукові дослідження високого рівня, придбання професійного досвіду, взяті окремо, автоматично до такої стратегії не приведуть [1]. Досягнення цих результатів можливо за рахунок розробки та впровадження освітніх проектів. Такий проект спрямований на виконання конкретно обґрунтованої мети та визначеного кінцевого результату (змін), плану конкретних дій, обмежених конкретним проміжком часу та матеріально-фінансовими ресурсами [2].

Освітня галузь з точки зору застосування методології управління проектами та програмами вже досить досліджена: є багато робіт, які присвячуються застосуванню методології управління проектами як в цілому до вищої освіти, так і до окремих

аспектів діяльності закладів вищої освіти. Так, у роботі Оберемка І. І. пропонуються методи та засоби проектно-орієнтованого управління у вищих навчальних закладах [3], дослідження Лясовського В.П. присвячені розробці моделей, методів і алгоритмів побудови проектів систем організаційного управління вищого навчального закладу [3], в роботі Коляди О. П. виявлено проблему інтеграції методологічних положень управління проектами та стратегічного управління розвитком вищого навчального закладу [4] тощо.

Процеси управління освітніми проектами потребують особливої ваги, адже якість продукту саме цього різновиду проектів визначає успішність реалізації подальшої проектно-діяльності у різних сферах економіки та життєдіяльності. Як відомо, управління освітніми проектами на різних фазах життєвого циклу супроводжується низкою особли-

востей. Розробка та впровадження проектів в закладах освіти має комплексний характер. Такою формою роботи зазвичай охоплюється широке коло зацікавлених сторін. До проекту залучаються фахівці різних напрямків, в тому числі з різних закладів освіти та наукових організацій. Спільна робота тимчасових колективів для виконання поставлених завдань та реалізації визначених цілей потребує узгодження, злагодженості й психологічного комфорту.

Отже, освітній та/або науковий проект необхідно розглядати як інноваційну форму організації освітнього середовища, в основі якого лежить комплексний характер діяльності тимчасового колективу спеціалістів в умовах активної взаємодії з оточуючим середовищем. Важливою умовою для досягнення визначеного результату проекту є злагоджена робота проектної команди та ефективна взаємодія з всіма зацікавленими сторонами проекту.

Дорожня карта управління комунікаціями в освітніх проектах є інструментом досягнення консенсусу між усіма стейкхолдерами цих проектів, в тому числі міжнародними, з оцінкою існуючої ситуації, чіткими орієнтирами на майбутнє, варіантами досягнення освітніх цілей, оцінкою необхідних витрат на впровадження освітнього проекту та джерел його фінансування, оцінок впливу. На думку Єфимової О.С. [5], дорожня карта є способом візуалізації майбутнього, що створюються не тільки для наочного подання інформації про можливі альтернативи розвитку об'єкта. Сам по собі процес формування дорожньої карти передбачає аналіз наявного потенціалу розвитку досліджуваного об'єкта, виявлення вузьких місць, загроз і можливостей зростання, потреби в ресурсному забезпеченні.

В українському законодавстві не визначено поняття «Дорожня карта» як нормативно-правового документу та вимог до її розробки. Проте такі вимоги існують в документах ЄС. Зокрема, в Робочому документі персоналу Європейської Комісії, що містить методичні вказівки щодо кращого регулювання зазначається, що Дорожня карта – це інструмент підтвердження політичного затвердження ініціативи, яку готує Комісія, та інформування стейкхолдерів щодо запланованої консультативної діяльності, оцінок впливу, оцінювань доцільності, перевірок відповідності [6].

Наказом Міністерства освіти і науки України № 399 від 27.03.2019 року затверджено дорожню карту імплементації статті 7 Закону України «Про освіту» в закладах загальної середньої освіти на 2019-2023 роки. В планах Міністерства створення Національної дорожньої карти дослідницьких інфраструктур, яка зможе зібрати провідні українські наукові інфраструктури, для підтримки яких держава направлятиме основні ресурси.

Проведений аналіз дозволив розробити Дорожню карту управління комунікаціями для освітніх проектів відповідно галузі знань «Управління комунікаціями» (РМВoК 6.0) [7].

На рис. 1 приведена стратегічна модель Дорожньої карти управління комунікаціями в освітньому проекті. Дорожня карта на кожному етапі процесу (визначення зацікавлених сторін проекту, планування комунікацій, поширення інформації, управління очікуваннями зацікавлених сторін проекту, звіти про виконання) визначає необхідні вхідні параметри для здійснення управління ефективними взаємодіями як внутрішніх так і зовнішніх стейкхолдерів.

Етапи управління комунікаціями в освітньому проекті	Визначення зацікавлених сторін проекту	Планування комунікацій	Поширення інформації	Управління очікуваннями зацікавлених сторін проекту	Звіти про виконання
Вхід процесу	Статут проекту. Документація проекту (наприклад: тендерна). Фактори середовища закладу освіти. Активи процесів закладу освіти.	Реєстр зацікавлених сторін освітнього проекту. Стратегія управління зацікавленими сторонами освітніх проектів. Фактори середовища закладу освіти. Активи процесів закладу освіти.	План управління проектом. Звіти про виконання. Активи процесів організації.	Реєстр стейкхолдерів проекту. Стратегія управління зацікавленими сторонами проекту. План управління проектом. Журнал реєстрації проблем. Журнал змін. Активи процесів організації.	План управління проектом. Звіти про продуктивність. Заміри продуктивності. оцінка бюджету. Активи організаційного процесу.
Інструменти процесу	Аналіз зацікавлених сторін проекту. Експертна оцінка.	Аналіз вимог до комунікацій. Технології комунікацій. Моделі комунікацій. Методи комунікацій.	Методи комунікацій. Інструменти поширення інформації.	Методи комунікацій. Врегулювання конфліктів. Подолання опору змінам. Методи ведення переговорів.	Аналіз відхилень. методи прогнозування. Методи комунікацій системи звітності.
Вихід процесу	Реєстр зацікавлених сторін освітнього проекту. Класифікація зацікавлених сторін освітнього проекту.	План управління комунікаціями. Поновлення документів проекту.	Поновлення процесів: сповіщення стейкхолдерів, звіти за проектом, представлення проекту, документи проекту; зворотний зв'язок, документація по накопиченим знанням.	Поновлення процесів. Запити на зміну. Оновлення плану управління. Поновлення документів.	Звіти про виконання. Поновлення активів організаційного процесу. Запити на зміни. Рекомендовані коригувальні дії. Рекомендовані превентивні дії.

Рис. 1 Стратегічна модель Дорожньої карти управління комунікаціями в освітньому проекті. Визначено інструменти та методи, які забезпечать досягнення необхідного результату. Результатом кожного етапу є вихідна документація для управління комунікаціями зовнішніх та внутрішніх стейкхолдерів.

На основі проведених досліджень особливостей освітніх проектах, запропоновано дорожню карту формування управління комунікаціями в цих проектах. Дорожня карта розглядає етапи процесу управління комунікаціями на основі виділення особливостей складових цих процесів, елементів входів, можливих інструментів та вихідних характеристик за видами роботи на кожному етапі управління комунікаціями в освітніх проектах. Дорожня карта має стратегічний характер і може бути використана для розробки освітніх програм або порт-

фелів освітніх проектів для закладу освіти, які дозволять сформувати компетенції, необхідні сучасному керівнику.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Аналіз рамкових умов діяльності і взаємодії елементів трикутника знань в Україні. Внутрішня специфікація по проекту 543853-TEMPUS-1-2013-1-DE-TEMPUS-SMHES Fostering the Knowledge Triangle in Belarus, Ukraine and Moldova. Підтримка трикутника знань у Білорусі, Україні і Молдові. — К., НТУ, 2015. — 184 с.

2. Л. Ващенко Л. Управління освітніми проєктами. Методика и технология <http://ru.osvita.ua/school/method/technol/1411>
3. Оберемок І. І. Методи та засоби проєктно-орієнтованого управління у вищих навчальних закладах: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.13.22 / Київ. нац. ун-т буд-ва та архіт. МОН України. Київ, 2003. 17 с.
4. Лясовський В.П. Моделі, методи і алгоритми побудови проєктів систем організаційного управління вищим навчальним закладом: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.13.22 / Нац. транспорт. ун-т. Київ, 2001. 19 с.
5. Коляда О. П. Портфельне планування у процесі реалізації стратегії розвитку вищого навчального закладу: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.13.22 / Київ. нац. ун-т буд-ва і архіт. Київ, 2011. 20 с. Ефимова О.С.
6. Виды дорожных карт, используемых в образовании [Электронный ресурс] / О.С. Ефимова. - Режим доступа: <http://www.apkpro.ru/doc/17122016/%00%95%01%84%B0%B8%00%BC%00%BE%00%B2%00%B0^>
7. Приходько О. Якою має бути Дорожня карта з наближення законодавства України до законодавства ЄС у сфері телекомунікацій (електронних комунікацій)? НУО "Європейська Медіа Платформа" 2019, 65 с.
8. Руководство РМВОК (6-е изд.). Олимп-Бизнес, 2019. – 792 с.

APPLICATION OF THE SHAUDER BASIC FUNCTION SYSTEM FOR THE PRESENTATION AND CONCENTRATION OF INFORMATION

Meleshko M.

*Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Professor of the Computer Multimedia Technologies Department,
National Aviation University
Kyiv, Ukraine*

Loboda S.

*Doctor of Pedagogical Sciences, Professor,
Head of the Computer Multimedia Technologies Department,
National Aviation University
Kyiv, Ukraine*

Rakitsky V.

*PhD student in the department of computer systems and networks
National Aviation University
Kyiv, Ukraine*

ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМИ БАЗИСНИХ ФУНКЦІЙ ШАУДЕРА ДЛЯ ПРЕДСТАВЛЕННЯ ТА СТИСНЕННЯ ІНФОРМАЦІЇ

Мелешко М. А.

*кандидат технічних наук, доцент,
професор кафедри комп'ютерних мультимедійних технологій,
Національний авіаційний університет
Київ, Україна*

Лобода С.М.

*доктор педагогічних наук, професор,
завідувач кафедри комп'ютерних мультимедійних технологій,
Національний авіаційний університет
Київ, Україна*

Ракицький В.А.

*аспірант кафедри комп'ютерних систем та мереж
Національний авіаційний університет
Київ, Україна*

Abstract

An analysis of the technical capabilities of using the Schauder basis function system for presenting and compressing information such as network data is presented. Advantages in comparison with other bases are revealed. Experimental research provides recommendations for using it to digitally process audio information at a representative level in computer systems and networks.

Анотація

Подано аналіз технічних можливостей використання системи базисних функцій Шаудера для представлення та стиснення інформації, наприклад, мережових даних. Виявлено переваги в порівнянні з іншими базисами. На основі експериментальних досліджень надані рекомендації щодо використання їх для цифрової обробки аудіо інформації на представницькому рівні в комп'ютерних системах та мережах.

Keywords: system of basic functions of Schauder, presentation and compression of information, digital processing of speech signals.

Ключові слова: система базисних функцій Шаудера, представлення та стиснення інформації, цифрова обробка мовних сигналів.

Постановка проблеми та її актуальність.

Характерною рисою сучасності є різке перевищення зростання потоку інформації над розширенням каналів передачі даних. Тому, суттєвою необхідністю є подальший пошук раціональних методів та технічних засобів обробки інформації. Один з етапів обробки - стиснення інформації.

На сучасному рівні широкого розповсюдження набули цифрові системи передачі даних, актуальність яких, насамперед, пов'язана з бурхливим розвитком засобів інформаційних комп'ютерних технологій, що забезпечують в реальному часі перетворення, зберігання і передачу інформації, а також моделювання процесів і обробки сигналів, систем та пристроїв [1,2,3,4].

Обробка сигналів мовотворення є актуальною серед важливих галузей застосування цифрових методів в широкому розумінні [5,6].

Всезростаючий об'єм корисної інформації, що отримується від джерел різного фізичного походження, потребує пошуку ефективних методів попередньої обробки на етапі представлення, збереження та визначення способів передачі по каналу.

Найважливішою задачею цієї проблеми є зменшення надмірності зі збереженням потрібної якості передачі. Традиційними дослідженнями стали методи обробки звукових сигналів, які передбачають кодування акустичного коливання або аналіз/синтез на основі апаратних та програмних засобів.

Незважаючи на те, що в галузі цифрової обробки звукових сигналів, особливо мовних, проведений значний об'єм дослідів, залишається ще багато невирішених проблем. Один з резервів удосконалення систем зменшення надмірності звукових

сигналів - пошук нових методів представлення і обробки з використанням системи базисних функцій на основі програмуючих обчислювальних засобів комп'ютерних технологій.

З нашої точки зору, певні потенційні можливості мають цифрові системи, які використовують представлення і обробку звукових сигналів за системою базисних функцій Шаудера [7,8,9]. Подальші міркування будуть направлені на обґрунтування доцільності їх використання в інженерних розробках.

В той же час, ефективним інструментом пошуку раціональних методів побудови апаратури цифрової обробки сигналів є комп'ютерне моделювання. Попереднє комп'ютерне моделювання процесів аналізу та синтезу сигналів дозволяє на етапі досліджень визначити складність апаратних рішень, можливі параметри цифрової обробки (точність передачі та відтворення, міру усунення надмірності (стискання), швидкодію тощо).

Аналіз попередніх досліджень.

У 1927 році Шаудер запропонував систему лінійно-незалежних базисних функцій.

Розклад у ряд по системі базисних функцій у загальному вигляді представляється як:

$$x(t) = \sum_{n=0}^N b_n \psi_n(t),$$

де $x(t)$ – реалізація сигналу, наприклад, мовного випадкового процесу; $\{\psi_n(t)\}$ – система базисних функцій; b_n – коефіцієнти розкладу.

З нашої точки зору функції Шаудера доцільно подавати у вигляді [7]:

$$l_k(t) = \begin{cases} 1, k = 0, t \in [0, T] \\ \frac{1}{T} \int_0^t x_1(r) dr, k = 1, t \in [0, T] \\ \frac{2^{\frac{m+1}{2}}}{T} \int_0^t x_k(r) k(r) dr, k = 2, 3, \dots, t \in [0, T] \\ 0, t \notin [0, T], \end{cases}$$

де $\{x_k(r)\}$ – система функцій Хаара, яка визначається на інтервалі ортогональності наступним чином: $x_1(t) = 1, t \in [0, T]$,

$$x_k(r) = x_{mn}(r) \begin{cases} 2^{\frac{m-1}{2}}, r \in \left[\frac{(n-1)T}{2^{m-1}}, \frac{(n-0,5)T}{2^{m-1}} \right] \\ -2^{\frac{m-1}{2}}, r \in \left[\frac{(n-0,5)T}{2^{m-1}}, \frac{nT}{2^{m-1}} \right] \\ 0, r \in \left[\frac{(n-1)T}{2^{m-1}}, \frac{nT}{2^{m-1}} \right] \end{cases}$$

де $m=1,2,3,\dots; n=1,2,\dots, 2^{m-1}; k=2^{m-1} + n$.

Номер групи функцій Хаара – встановлює тривалість ненульового значення функції Хаара, який дорівнює $(T/2^{m-1})$, і її амплітуду, що дорівнює $2^{(m-1)/2}$. Індекс n визначає положення ненульового

значення на відрізку $[0, T]$. До одної групи відносять функції Хаара з однаковою тривалістю ненульового значення.

На рис. 1 представлені графічні зображення функцій Хаара (а) та Шаудера (б), які локальним чином визначені на інтервалі $[0, T]$.

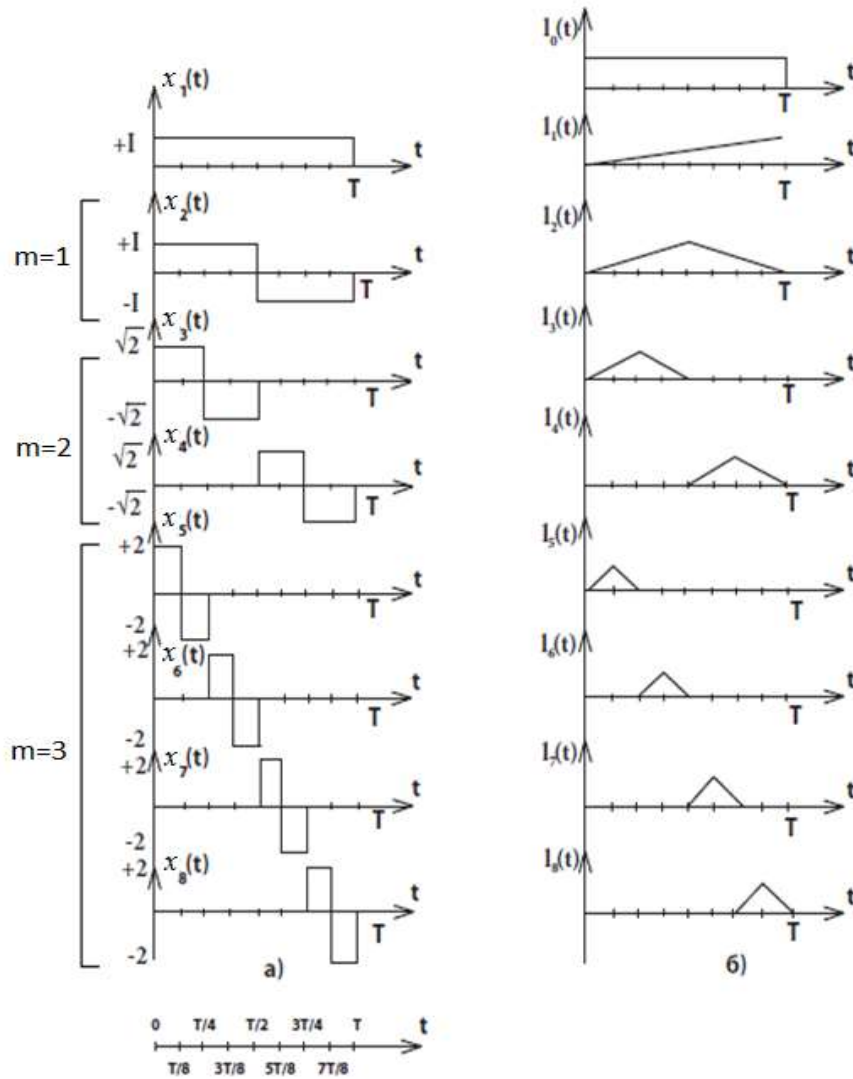


Рис. 1. Графічне зображення функцій Хаара $x_k(t)$ та Шaudера $l_k(t)$.

У роботах [8,9] показана перспектива використання неортогональних функцій у системах цифрової передачі мовлення і розроблено пристрій для аналізу сигналів у базисі функцій Шaudера, який

може бути реалізований як на аналоговій, так і на цифровій інтегральній елементній базі.

У вказаних роботах наведені результати досліджень процедури обчислення коефіцієнтів розкладу сигналів у ряд по системі функцій Шaudера

$$C_k = x\left(\frac{n-0,5}{2^{m-1}}T\right) - \frac{1}{2} \left[x\left(\frac{n-1}{2^{m-1}}T\right) + x\left(\frac{n}{2^{m-1}}T\right) \right],$$

де $k=2^{m-1}+n$; $n=1,2,\dots, 2^{m-1}$; $m=1, 2,\dots, M$; $T=2^M\Delta t$;

Формули для обчислення коефіцієнтів розкладу для $m=1, 2, 3$ мають наступний вигляд:

$$\begin{aligned} C_0 &= x(0); \\ C_1 &= -[x(0) - x(T)]; \\ C_2 &= -0,5 \left[x(0) - 2x\left(\frac{T}{2}\right) + x(T) \right]; \\ C_3 &= -0,5 \left[x(0) - 2x\left(\frac{T}{4}\right) + x\left(\frac{T}{2}\right) \right]; \\ C_4 &= -0,5 \left[x\left(\frac{T}{2}\right) - 2x\left(\frac{3T}{4}\right) + x(T) \right]; \\ C_5 &= -0,5 \left[x(0) - 2x\left(\frac{T}{8}\right) + x\left(\frac{T}{4}\right) \right]; \\ C_6 &= -0,5 \left[x\left(\frac{T}{4}\right) - 2x\left(\frac{3T}{8}\right) + x\left(\frac{T}{2}\right) \right]; \\ C_7 &= -0,5 \left[x\left(\frac{T}{2}\right) - 2x\left(\frac{5T}{8}\right) + x\left(\frac{3T}{4}\right) \right]; \\ C_8 &= -0,5 \left[x\left(\frac{3T}{4}\right) - 2x\left(\frac{7T}{8}\right) + x(T) \right]. \end{aligned}$$

Дослідження процесу обчислення коефіцієнтів розкладу надає можливість запропонувати раціональний алгоритм використання дискретних значень реалізації сигналу $x(\Delta t)$. Аналізуючи вираз для обчислення коефіцієнтів визначено, що існує закономірна повторюваність, одні і ті ж значення відліків $x(\Delta t)$ використовуються декілька разів для обчислення інших коефіцієнтів. Так, наприклад, значення $x(0)$ використовується для обчислення коефіцієнтів $C_2, C_3, C_5, C_9, \dots, C_{2^{m-1}+1}$, значення $x(T)$ – відповідно для $C_2, C_4, C_8, \dots, C_{2^m}$; значення $x(3T/4)$ – відповідно для $C_4, C_8, C_{15}, C_{29}, \dots, C_{7 \times 2^{m-3}+1}$, а також $C_7, C_{14}, C_{28}, \dots, C_{7 \times 2^{m-3}}$.

В процесі дослідження встановлено, що значення відліків у точках $t=2^{m-i}T$ ($i=1,2,3,\dots; \tau=0,1,\dots, 2^i$) використовуються для обчислення коефіцієнтів з порядковими номерами $k=2^i+\tau$. При використанні такого підходу суттєво скорочується час обчислення, що важливо для забезпечення швидкодії передачі даних по каналу.

Без урахування вказаної закономірності кожного разу при обчисленні чергового коефіцієнта вимагалось б знову обчислювати координати значень $x(\Delta t)$ на відрізку $[0, T]$.

Результати дослідження обробки мовних сигналів.

На рис. 2 - 6 подані реалізації фрагменту мовного сигналу, представленого за допомогою перетворення Шадера з використанням вищевказаних положень та попередніх досліджень [7,8,9]. Реалізації сигналів подані блоками однакової розмірності - по 2048 відліків. Для кожного блоку розраховувались коефіцієнти розкладу на інтервалах по 64 відліки. Кількість обчислюваних коефіцієнтів розкладу: 64, 32, 16, 8, 4. Відповідно по визначеній кількості коефіцієнтів здійснюється і синтез вихідного сигналу.

Крім цього досліджувався варіант відбору інформативних коефіцієнтів з числа обчислених за принципом " $\max$ " або " $\max, \min$ " (на рис. в і г відповідно). Порівнюючи отримані реалізації сигналу можна зробити висновки, що перетворення в базисі функцій Шаудера добре відтворює інформацію мовотворення. Обчислення послідовних 64 і 32-х коефіцієнтів забезпечує достатньо точне візуальне відтворення сигналів. При відтворенні сигналу по 16-ти коефіцієнтам реалізація відрізняється згладжуванням локальних піків на ділянках високочастотного інтервалу, при цьому низькочастотні ділянки відтворюються достатньо добре.

Якщо для синтезу сигналу використовується 8 коефіцієнтів із 64 можливих, то на сигналаграмах видно явну відмінність вихідного сигналу від вхідного. Особливо чітко виражена ця відмінність при використанні 4-х коефіцієнтів розкладу. Аналогічні висновки можна зробити відносно кількості інформативних коефіцієнтів, відібраних за принципом " $\max$ " або " $\max, \min$ ". Порівнюючи зображення вихідного сигналу, отриманого синтезом при одній і тій же кількості коефіцієнтів але відібраних різними способами приходимо до висновку, що ці зображення відрізняються один від одного з певною відмінністю. Для уточнення цих змін необхідно в перспективі провести слуховий суб'єктивний аналіз.

Проводячи лише візуальне порівняння зображень вихідних сигналів, складно визначити об'єктивний критерій, в якому випадку вихідний сигнал отримується більш якісним. Для того щоб зробити якісну оцінку вихідних сигналів, слід прослухати ці сигнали і порівняти їх статичні характеристики для різних варіантів.

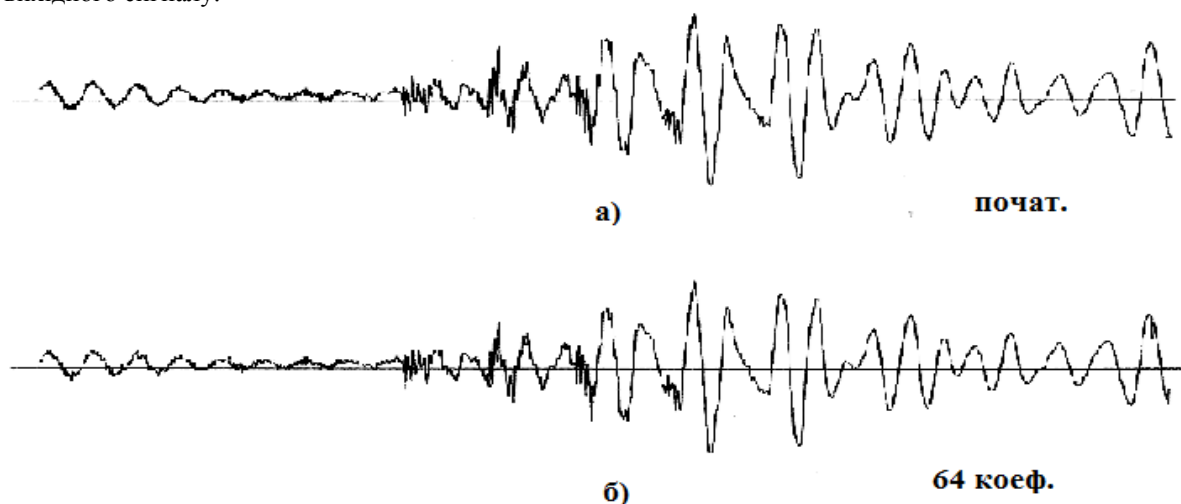


Рис.2. Сигналограми фрагменту мовного сигналу:
а) початкового; б) відновленого по 64 обчисленим коефіцієнтам

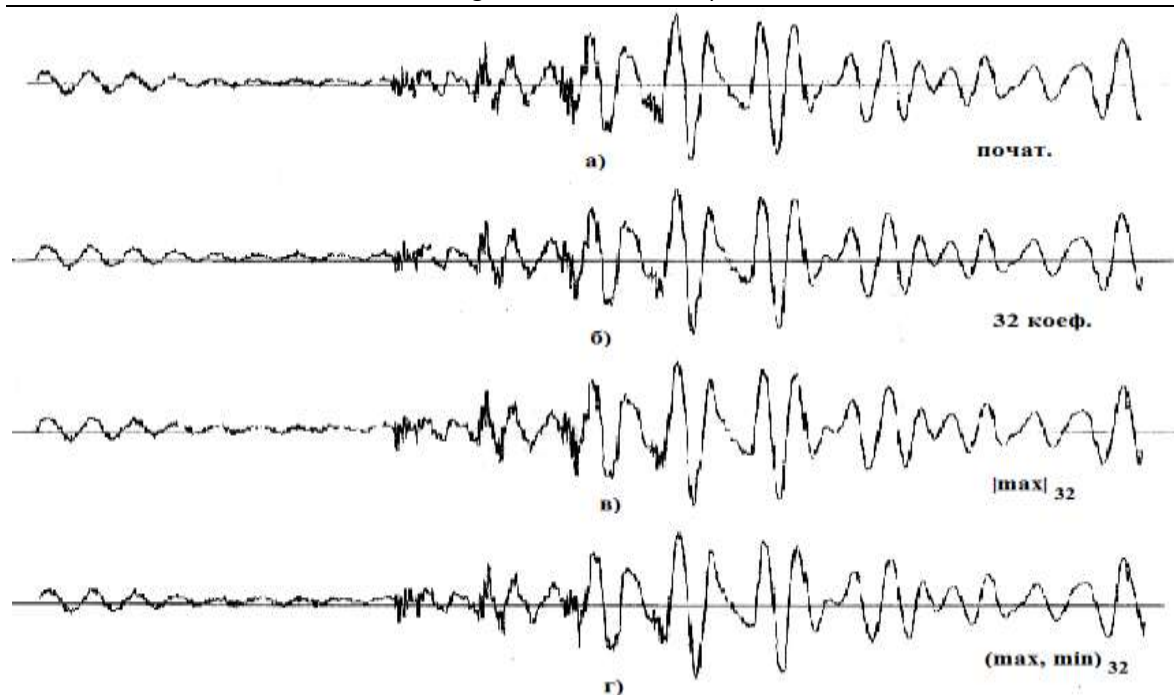


Рис. 3. Сигналограми фрагменту мовного сигналу:
 а) - початкового; б) - відновленого по 32 обчисленим коефіцієнтам;
 в), г) – відновленого по 32 відібраним із 64 обчислених.

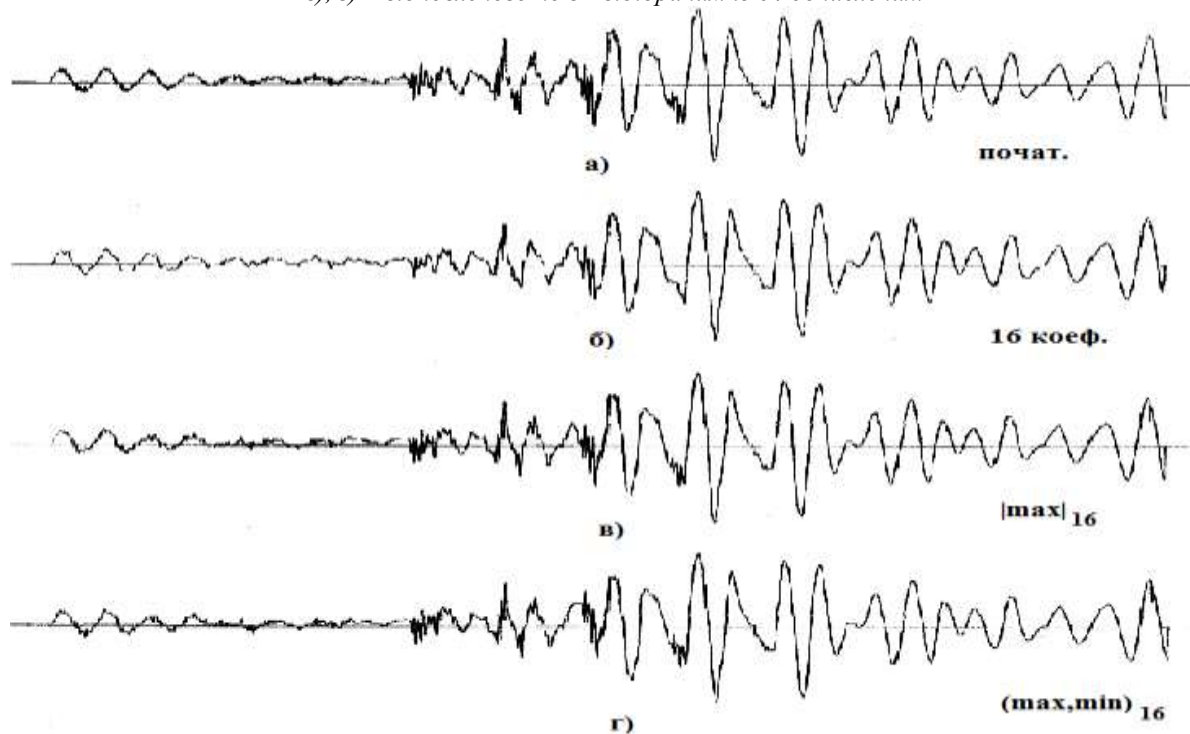


Рис. 4. Сигналограми фрагменту мовного сигналу:
 а) початкового; б) відновленого по 16 обчисленим коефіцієнтам;
 в), г) відновленого по 16 відібраним із 64 обчислених.

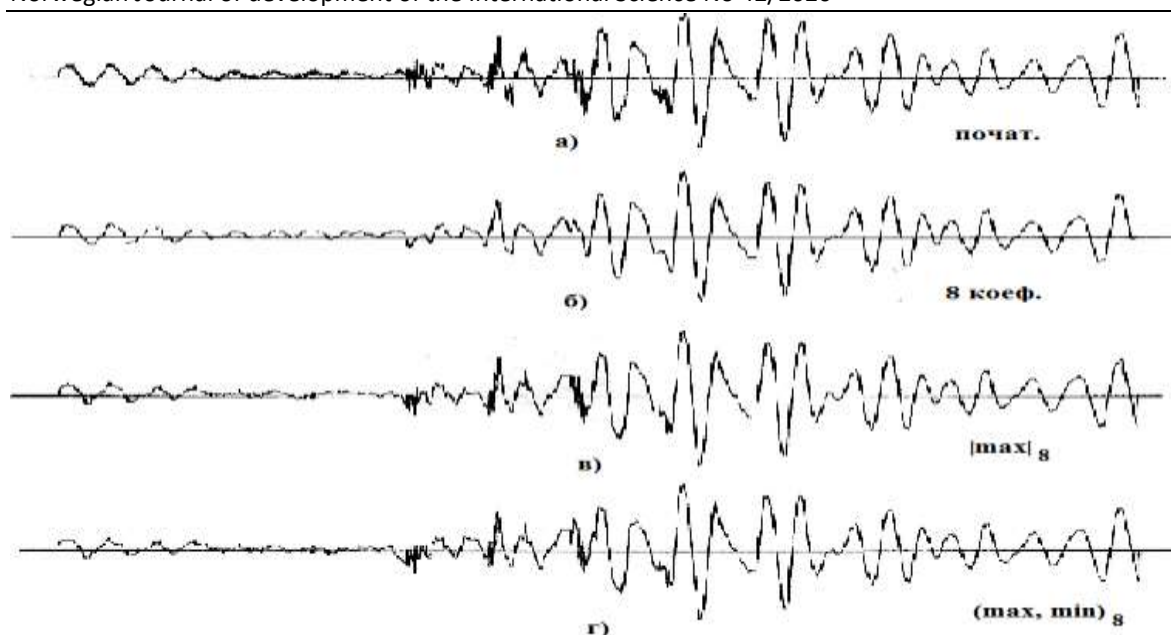


Рис. 5. Сигналограми фрагменту мовного сигналу:
а) - початкового; б) - відновленого по 8 обчисленим коефіцієнтам;
в), г) - відновленого по 8 відібраним із 64 обчислених.

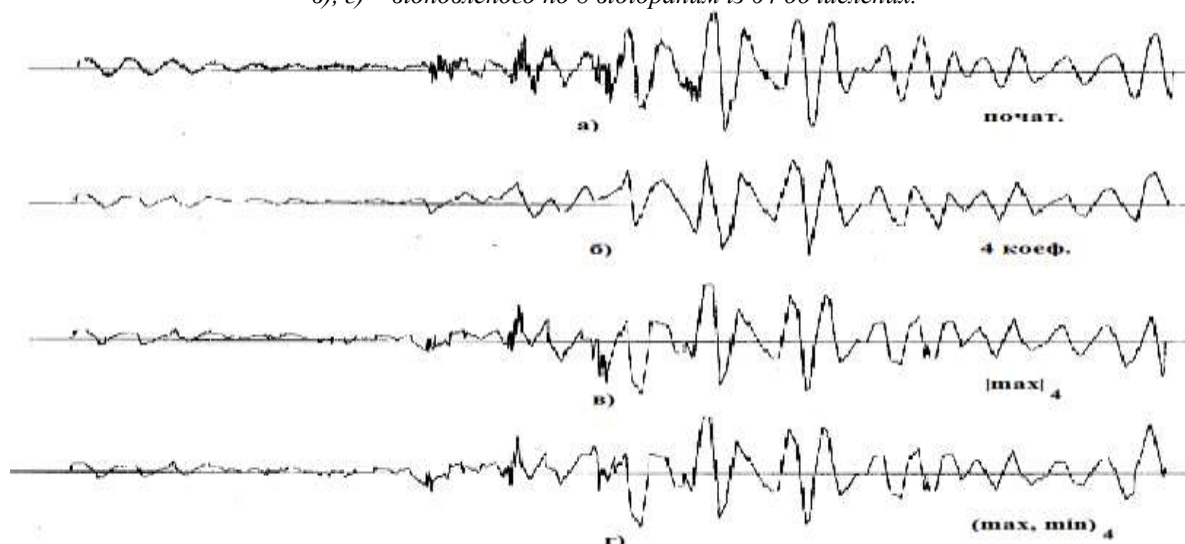


Рис. 6. Сигналограми фрагменту мовного сигналу:
а) - початкового; б) - відновленого по 4 обчисленим коефіцієнтам;
в), г) - відновленого по 4 відібраним із 64 обчислених.

В подальших дослідженнях передбачаємо поєднати суб'єктивний (візуальний і слуховий) та об'єктивний аналіз цифрової обробки аудіо-інформації з використанням аналітичних досліджень похибки представлення сигналів базисом Шаудера по середньоквадратичному критерію [7]:

$$\gamma_T = \frac{1}{T} \int_0^T < [x(t) - \sum_{k=0}^N c_k l_k(t)]^2 > dt = \\ = \sigma_x^2 - \frac{2}{T} K_x(\tau) d\tau - I_1 + I_2 + I_3,$$

де σ_x^2 – дисперсія сигналу $x(t)$; $K_x(\tau)$ – функція кореляції $x(t)$;

$$I_1 = \frac{2}{T} \sum_{k=1}^N < c_k \int_0^T l_k(t) x(t) dt >;$$

$$I_2 = \frac{1}{T} \sum_{k=0}^N < c_k^2 > \int_0^T l_k^2 dt;$$

$$I_3 = \frac{2}{3} \sum_{k=0}^N \sum_{k'=0}^N < c_k c_{k'} > I_{kk'};$$

$$I_{kk'} = \int_0^T l_k(t) l_{k'}(t) dt;$$

Висновки та перспективи подальших досліджень. В теорії і практиці обробки сигналів дослідники все частіше звертаються до представлення їх кінцевою системою базисних функцій.

Рішення цієї задачі актуальне у зв'язку з необхідністю вдосконалення засобів аналізу, обробки і синтезу реальних фізичних процесів.

В роботі показано, що система неортогональних лінійно незалежних функцій Шаудера має певну перспективу використання в системах цифрової обробки мовних сигналів. Важливо, що обчислення коефіцієнтів розкладу зводиться до підсумовування з вагами відліків аналізуючого сигналу на відрізку апроксимації. Окрім того, встановлена закономірність зменшення обчислення операцій за рахунок використання одних і тих же відліків для визначення різних коефіцієнтів розкладу, що впливає на швидкодію передачі інформації по каналу.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Применение цифровой обработки сигналов. /Под ред. П.Оппенгейма. М.: Мир, 1980. – 552 с.
2. Залманзон Л.А. Преобразования Фурье, Уолша, Хаара и их применение в управлении, связи и других областях. М.: Наука, 1989. – 496 с.
3. Ахмед Н., Рао К.Р. Ортогональные преобразования при обработке цифровых сигналов. М.: Связь, 1980. – 248 с.
4. Мелешко М.А. Використання перетворення Хартлі в комп'ютерних системах цифрової

обробки інформації / Мелешко М.А., Ракицький В.А. // Проблеми інформатизації та управління: Зб. наук. праць: Випуск 1(61). – К.: НАУ, 2019. – с. 69 - 75.

5. Рабинер Л.Р., Шафер Р.В. Цифровая обработка речевых сигналов. М.: Радио и связь, 1981. – 496 с.

6. Грудинин А. С., Синильников А.М. Кодирование сигналов звукового вещания в базе дискретного косинусного преобразования. Техника средств связи. Техника радиовещательного приема и акустики, вып.5, 1986. – с. 3 - 10.

7. Геранин В.А., Мелешко Н.А., Середа Л.А. и др. Среднеквадратическая погрешность представления стационарных случайных процессов в базе функций Шаудера. Труды XI Всес. симпоз. "Методы представления и аппаратный анализ случайных процессов и полей", Л., 1980, – с. 80 - 85.

8. Геранин В.А., Мелешко Н.А., Розоринов Г.Н. и др. Анализатор спектра. Авт. свид. СССР №822070, опубл. в Б.И. №14, 1981.

9. Мелешко Н.А. Целесообразность представления речи в базе функций Шаудера. Вести. КПИ. Электроакустика и звукотехника. 1983. вып. 7. – с. 44 - 46.

TASKS FOR OPTIMIZING THE TRAJECTORY OF THE ROBOT ARM IN CHEMICAL PRODUCTION BASED ON SOFT COMPUTING

Pogonin V.

Professor

Tretyakov A.

Docent Tambov State Technical University

Abstract

This article discusses the classification and formulation of problems of optimizing the trajectory of the robotic arm in chemical production. A number of modifications of the well-known methods for optimizing the trajectory of the manipulator under uncertainty are proposed.

Keywords: optimal manipulator trajectory, uncertainty, chemical production, soft computing

Introduction

The functioning of robotic chemical production control systems in safe conditions is possible only if for this configuration of robots movements of the gripper of the manipulator are possible, ensuring the technological requirements of the processes and the absence of emergency situations. This is especially important in the following cases: the work of a team of robots, moving objects in the working area of the robot, possible breakdowns of technological equipment or rig.

Obviously, the movement of the robot manipulator and its gripping device should be planned so that the links of the robot manipulator do not collide with obstacles (including moving ones) and do not collide with each other, the gripper should smoothly approach the target, and its precise positioning is carried out, technological requirements are maintained for the time ranges for performing certain operations or work, and as an additional requirement, the condition can be set that all these manipulations be performed optimally (e.g. in the minimum time, or a predetermined maxi-

mum time serviced technological objects or held maximum technological operations, or operations carried out with minimum energy consumption or minimum amount of motion of the manipulator).

The tasks of controlling robots in chemical plants are very specific and different due to the variety and characteristics of the work that robots can perform (chemical analysis of raw materials and products, transportation and storage, cleaning the internal surfaces of devices, etc.), as well as the extreme conditions in which these works are carried out.

Note that the extreme conditions of chemical production determine the specifics of industrial robots, in particular the choice of structural materials that are resistant to chemically active and aggressive environments. A feature of these structural materials is that the links of the robot handling system have significant elastic flexibility, which must be taken into account in the dynamic calculations of these systems.

A large number of papers have been devoted to the development of algorithms for calculating and optimizing the trajectories of motion of the robotic arm robots [1-9].

The paper considers a number of modifications of known methods that allow in some cases to find the optimal trajectories more efficiently (with shorter calculation times, more precisely, using a more "technological" type of possible trajectories).

All known models of the dynamic movement of the robot arm are obtained on the basis of Newton's laws, the D'Alembert principle, the principle of Hamilton's stationary action, the Lagrange equations of the second kind, the principle of least reduction of Gauss and use the postulate of absolute rigidity of the links of the manipulator [10-14]. Thus, most of the tasks of calculating the trajectories of the gripping device of robots in chemical production, especially when determining the optimal trajectories passing near obstacles, cannot be solved (with a sufficient degree of accuracy) by the methods of the well-known theory of optimal control of industrial robots [2,7-9, 13].

One of the main areas that have received significant development recently in the organization of control of industrial robots in the face of uncertainty is the use of the apparatus of fuzzy sets to describe situations and make decisions. The feasibility of using this approach is due to the fact that the readings of the sensor devices of robots are, as a rule, inaccurate and allow only approximately qualitatively determining the current situation; when training a robot, when forming expert assessments and rules of behavior, a person also uses fuzzy spatio-temporal relationships inherent in his perception of the environment.

It is known that the use of fuzzy representations provides significant advantages in solving complex control problems under uncertainty due to the fact that the number of fuzzy, poorly detailed rules is significantly less than the number of corresponding rules defined in the usual way [15].

Theoretical part

We introduce some notation. The robot control program will be called the temporary sequence of commands received by the robot drives and providing the necessary movement (movement) of the gripper of the robot manipulator.

Let $\mathbf{Y} = (y_1, y_2, y_3)$ be the vector in the three-dimensional Euclidean space R^3 , which characterizes the position (coordinates) of the gripper in this space.

In the event that the position of the gripper is characterized not only by its coordinates, but also by its spatial orientation, the position of the gripper will be denoted by the vector $\hat{\mathbf{Y}} = (y_1, y_2, y_3, y_4, y_5, y_6)$ belonging to the six-dimensional Euclidean space R^6 , where the components y_1, y_2, y_3 characterize the position, and y_4, y_5, y_6 - the orientation of the gripper.

Let $\rho(x_t, z_t)$ - denote the Euclidean distance between points in the space $\mathbf{Y}$ or $\hat{\mathbf{Y}}$.

The set of points (x_t, z_t) , corresponding to the value of ρ (a circle in the space $\mathbf{Y}$ or $\hat{\mathbf{Y}}$) is denoted by $\omega(\rho)$.

Let $L(t)$ be the set of points in the working area $\mathbf{Y} \in R^s$, where $s = 3$ or $s = 6$ occupied by the manipulator at some points in time $t \in [t_0, t_k]$, where t_0, t_k are the beginning and end of the movement, respectively. We will call L the points of the body of the manipulator. The set L is uniquely determined by setting the generalized coordinates Q (angular and linear movements of the manipulator links):

$$L(t) = f(Q).$$

Let $L_l(t)$ be the set of points that highlight in the working area $\mathbf{Y}$ at time t the region into which the points of the manipulator's gripping device should not fall. Thus, $L_l(t)$ displays a moving obstacle for the manipulator.

The absence of collisions between the manipulator and the obstacle corresponds to the requirement of non-intersection of sets

$$L(t) \cap L_l(t) = \emptyset \text{ для } t \in [t_0, t_k]. \quad (1a)$$

However, the fulfillment of the requirement (1a) is not enough. The manipulator is required to go far enough away from the obstacles ("reliability zone" from collisions with an obstacle). This requirement can be formalized by introducing the distance $\rho_l(x_t, L_l)$ between some point $x_t \in R^s$ and the set $L_l(t)$

$$\rho_l(x_t, L_l) = \min_{z \in L_l} \rho(x_t, z_t),$$

where $x_t, z_t \in R^s$, $\rho(x_t, z_t)$ - is the distance between two points in R^s .

We will denote S_l - the inverse operator of the model (assuming its existence), which allows for a given value of ρ_l to determine the values of x and z_t^* :

$$z_t^* = \arg \min_{z \in L_l} \rho(x, z).$$

Thus, $(x_t, z_t^*) = S_l(\rho_l)$, where $\rho(x_t, z_t^*) = \rho_l = \min_{z \in L_l} \rho(x_t, z_t)$.

In the general case, the operator S_l is not unique and the set (x_t, z_t^*) can correspond to one value ρ_l , i.e. $S_l(\rho_l) = \{(x_t, z_t^*)\}$, $(x_t, z_t^*) = S_l(\rho_l)$.

The condition that the manipulator at time t does not approach the obstacle closer than the critical distance r_{cr} is written as

$$\forall x \in L(t) : \rho_l(x_t, L_l(t)) \geq r_{cr},$$

The second basic requirement is the inadmissibility of the collision of the links of the manipulator. We select of control points that are most dangerous in relation to the possibility of a collision. We choose these points in such a way that the absence of their collision guarantees the absence of collisions of the manipulator links at any points, i.e. would satisfy the conditions of the "zone of reliability" from the collision. The choice of the set K of such control points is not difficult, since points dangerous in the sense of the possibility of collisions of links are obvious to robots.

The position $K(Q)$ of the region R^s , where $s = 3$ or $s = 6$, of the set of control points is completely determined at each moment of time t by setting the generalized coordinates $Q(t)$. The condition for the collision of the links of the manipulator can be formalized in the form

$$\forall (x_t, z_t) \in K(t) : \rho(x_t, z_t) \geq r_{min},$$

where $r_{\min}$ is the minimum allowable "reliability zone".

The movement of the links and the gripper of the manipulator is subject to numerous random influences (disturbances), which include backlash, vibration, elastic compliance of the links of the manipulator and other factors. Under these conditions, the trajectory of the manipulator becomes fuzzy and the calculation of the trajectory using a deterministic task is often insufficient.

The mathematical formalization of these problems allows us to group them into a relatively small number of types (classes).

$$\rho^b(\mathbf{Y}_g(t), F(Q(t))) < \delta, \quad (1)$$

where δ - constant value; ρ^b - materiality boundary, defined as

$$\rho^b(\mathbf{Y}_g(t), F(Q(t))) = \min_{E_\rho} \rho; E_\rho = \{\rho \mid \mu(\rho \mid t) \geq \varepsilon_\rho\};$$

$$\mu(\rho \mid t) = \max_{F(Q(t)) \in E_\rho} \mu(F(Q(t))); E_\rho = \{F(Q(t)) \mid \rho = \omega(\mathbf{Y}_g(t), F(Q(t)))\},$$

and are satisfied:

- no collision conditions

$$\forall x_r \in L(t) : \rho^b(x_r, L_l(t)) \geq r_{kp}; \forall (x_r, z_r) \in K(t) : \rho^b(x_r, z_r) \geq r_{\min}, \quad (2)$$

where $\rho^b(x_r, L_l(t)) = \min_{E_\rho} \rho_l(x_r, L_l(t)), E_\rho = \{\rho_l \mid \mu(\rho_l \mid t) \geq \varepsilon_\rho\};$

$$\mu(\rho_l \mid t) = \max_{(x, z^*) \in S_\Pi(\rho_\Pi)} \min [\mu \tilde{x}(x \mid t), \mu \tilde{x}(z_r^* \mid t)],$$

$r_{\min}$ – minimum permissible "reliability zone";

$$\rho^b(x_r, z_r) = \min_{E_\rho} \rho(x_r, z_r), E_\rho = \{\rho \mid \mu(\rho \mid t) \geq \varepsilon_\rho\},$$

$$\mu(\rho \mid t) = \max_{(x, z) \in \omega(\rho)} \min (\mu \tilde{x}(x_r), \mu \tilde{x}(z_r)),$$

where $\omega(\rho) = \{(x_r, z_r) \mid \rho = \rho(x_r, z_r)\};$

- design constraints on generalized coordinates and control actions

$$Q_{\min} \leq \varphi_d^b(Q)_t, \varphi_u^b(Q)_t \leq Q_{\max};$$

$$\dot{Q}_{\min} \leq \varphi_d^b(\dot{Q})_t, \varphi_u^b(\dot{Q})_t \leq \dot{Q}_{\max}; \quad (3)$$

$$u_{\min} \leq \mathbf{u}(t) \leq u_{\max},$$

where $\varphi_d^b(Q)_t = \min_{E_{Q(t)}} Q, \varphi_u^b(Q)_t = \max_{E_{Q(t)}} Q, E_{Q(t)} = \{Q \mid \mu_Q(Q \mid \mathbf{u})_t \geq \varepsilon_Q\};$

- conditions for the initial position of the gripper

$$Q(t_0) = Q_0, \dot{Q}(t_0) = \dot{Q}_0', \quad (4)$$

where $Q_0, \dot{Q}_0'$ – set values, μ_Q – membership function.

In many situations, more than one control program $\mathbf{u}^*(\bullet)$ can be implemented that satisfies (1) - (4), i.e. which is a solution to problem A, and some set of programs $\mathbf{U}^*$. In this case, it is possible to pose the problem A_{opt} of finding the optimal control program $\mathbf{u}^*(t) \in \mathbf{U}^*$ that satisfies conditions (1) - (4) and minimizes some functional of the form

$$\Phi(\mathbf{u}^*) = \min_{\mathbf{u} \in \mathbf{U}} \Phi, \quad (5)$$

where $\Phi(\mathbf{u}) = \min J \mid \mu_j(J \mid \mathbf{u}) \geq \mu_z.$

Most often, as a criterion J , energy costs are used, another possible criterion is the minimum number of movements of the manipulator links.

Consider the statement of problem A of the construction of guaranteeing control programs.

Problem A. In this problem, it is assumed that the trajectory $\mathbf{Y}(t)$ is defined in three-dimensional space on the time interval $[t_0, t_k]$. The problem is formulated as follows: for a vector function $\mathbf{Y}_g(t) \in \mathbf{Y} \subset \mathbb{R}^3$ given on $[t_0, t_k]$, find the vector function $\mathbf{u}^*$ defined on $[t_0, t_k]$, at which at every moment in time t the condition for the implementation of the trajectory with a given guarantee is satisfied:

Problem B. Problems B and B_{opt} are a variant of problems A and A_{opt} , respectively, and differ from them in that not only the position of the gripping device at each moment of time, but also its orientation are set on the time interval $[t_0, t_k]$. Moreover $\hat{\mathbf{Y}}(t) \in \mathbb{R}^6$.

Thus, in the B_{opt} problem, it is required to find the law of change $\mathbf{u}^*(t)$, respectively, the law of change of the generalized coordinates $Q^*(t)$ on the interval $[t_0, t_k]$, at which a given displacement $\hat{\mathbf{Y}}_z(t)$ is carried out, conditions (1), (2) and the objective function (5) takes a minimum value.

Problem C. Another variant of problems A and A_{opt} are tasks C and C_{opt} , respectively. These tasks differ

from tasks A and A_{opt} in that in addition to setting the trajectory $\mathbf{Y}_z(t) \in Y \subset R^3$ on the interval $[t_0, t_k]$, the orientation of the gripping device at a finite moment in time t_k is also specified, i.e. $\hat{\mathbf{Y}}_z(t) \subset R^6$.

Problem D. In problem D , the coordinates of the point $\mathbf{Y}_z \in R^3$ are given in three-dimensional space, to which the gripper should move at a given final time t_k .

Thus, problem D consists in finding the vector function $u^*(t)$ defined on the interval $[t_0, t_k]$, at which the condition is satisfied at a given finite time moment t_k .

$$\rho^b(\mathbf{Y}_z(t_k), F(Q(t_k))) < \delta \quad (6)$$

and the functions u^* and Q satisfy (2) - (4).

In other words, in problem D , it is necessary to find a program for changing the control action $u^*(\bullet)$ of the manipulator, which is in state (Q_0, Q_0') at time t_0 , at which the gripper at time t_k falls at a given point $\mathbf{Y}_z$ and, at the same time, the links the manipulator does not collide with each other and with external obstacles.

If such a program is not the only one, then the D_{opt} problem can be posed, in which the optimization of an objective function of the form (5) is an additional requirement.

Problem D^k . These tasks differ from problem D in that the final time instant t_k is not set, and only the coordinates of the point $\mathbf{Y}_z(t_k) \in R^3$ are given, to which the gripping device should fall at this moment in time.

Thus, the problem D^k is to find the time moment t_k and the vector function of the control actions $u^*(t)$ defined on the interval $[t_0, t_k]$, under conditions (1), (4) and

$$\rho_l(x_t, L_l) = \min_{z \in L_l} \rho(x_t, z_t),$$

where $x_t, z_t \in R^s$, $\rho(x_t, z_t)$ – distance between two points in R^s ($s = 3$ or $s = 6$), $L_l(t)$ – the set of points highlighting in the working area Y at time t the region into which the points of the manipulator's gripping device should not fall (it displays a moving obstacle for the manipulator).

In the case of setting the problem D^k_{opt} , an additional condition is the minimization of the objective function (6).

Problem E. This problem differs from problem D in that the final state for the gripper is specified not in three-dimensional but in six-dimensional space R^6 , i.e. not only the coordinates are specified, but also the orientation of the gripper.

Problem E^k . The problem E^k differs from the problem E by the absence of a task of a finite time instant t_k .

Similar relations between the tasks E_{opt} and E^k_{opt} .

Note that in the problems D_{opt} , D^k_{opt} , E_{opt} , E^k_{opt} , the time taken to transfer the gripper to the position $\mathbf{Y}_z(t_k)$ is often used as the objective function. Formally, this objective function is obtained from (6) for $\Phi(u^*) \equiv 1$.

Such a target function can be used, for example, when controlling a chemical equipment assembly robot, when the maximum productivity of the robot is largely determined by minimizing the time the gripper moves to the position where the component is located, as well as the time it takes to capture this product and moving it to the installation location.

Conclusion.

The tasks of determining the guaranteed trajectories of motion of a gripper device of a manipulator are classified according to various criteria: the requirement to move the gripper device along a predetermined path or to specify not only the entire trajectory, but only the final position of the gripper; setting the trajectory in time (i.e. the requirement that the gripper is at a fixed point at a fixed point in time); setting the trajectory in three-dimensional space or in six-dimensional (when not only the gripper is located at a certain point in space, but also the specified orientation of the gripper is required); the task of determining the trajectory can be formulated in a deterministic version or taking into account the possibility of random fluctuations in the movement of the gripper device of the manipulator caused by random noise.

A number of modifications of the known methods for optimizing the trajectory of the robot arm using soft computing technologies are considered, which in some cases allow finding the optimal trajectories more efficiently (with shorter calculation times, more precisely, using a more "technological" type of possible trajectories).

REFERENCES:

1. Ratiu M., Prichici M. A. Industrial robot trajectory optimization- a review// MATEC Web of Conferences 126:02005· January 2017.
2. V.O. Antonov, M.M. Gurchinsky, V.I. Petrenko, Method for planning the trajectory of a point in space with an obstacle based on iterative piecewise-linear approximation // Control, Communication and Security Systems. vol. 1. 2018. pp.168-180.
3. N.A. Lakota, E.V. Rakhmanov, V.I. Shvedov, Trajectory control of an elastic manipulator. Izv. USSR Academy of Sciences. Technical cybernetics, 1989, vol. 2. pp. 53-59.
4. F.L. Chernousko, Dynamics of control movements of an elastic manipulator. Izv. USSR Academy of Sciences. Techn.kibernetika, 1991, vol. 6. pp. 142-152.
5. L.D. Akulenko, S.A. Mikhailov, F.L. Chernousko, Modeling the dynamics of a manipulator with elastic links. Izv. USSR Academy of Sciences. MTT, 1991, vol. 3. pp. 118-124.
6. N.N. Vorotnik, F.L. Chernousko, Control optimization of manipulation robots. Technical Cybernetics, vol. 1, 1990. pp.180-237.
7. T. Howard, M. Pivtoraiko, R.A. Knepper, A. Kelly, «Model-predictive motion planning». IEEE Robotics and Automation Magazine, 2014, vol. 21, no. 1, pp. 64-73.
8. W. Liu, D. Chen, L. Zhang, Trajectory generation and adjustment method for robot manipulators in human-robot collaboration. Jiqiren Robot, 2016, vol. 38, no. 4, pp. 504-512.
9. S.M. LaValle, Planning Algorithms. Cambridge University Press, Cambridge, U.K., 2006. 1023 p.
10. E.I. Yurevich, Dynamics of control of robots. Moscow: Mechanical Engineering, 1984. 243 p.

11. Mechanics of industrial robots: In 3 books. / Ed. K.V. Frolova, E.I. Vorobyova. Moscow: Higher school., 1988. 304 p.
12. M.B. Ignatiev, F.M. Kulakov, A.M. Pokrovsky, Algorithms for controlling robot's manipulators. Leningrad: Mechanical Engineering, 1982. 268 p.
13. M. Vukobratovich, D. Stokich, N. Kirchanski, Non-adaptive and adaptive control of manipulation robots. Moscow: Mir, 1989. 376 p.
14. A.V. Timofeev, Robot control. Leningrad: Machine Stand, 1986. 256 p.
15. Applied Fuzzy Systems / Ed. T. Terano, K. Asai - transl. From Japan. Moscow: Mir, 1993. 368 p.

EFFECT OF ANTI-TURBULENCE ADDITIVES ON THE OPERATION OF FLOWMETERS

Krasnov A.

Candidate of technical sciences, associated Professor

Prakhova M.

Associated Professor

Ufa State Petroleum Technological University (USPTU)

ВЛИЯНИЕ ПРОТИВОТУРБУЛЕНТНЫХ ПРИСАДОК НА РАБОТУ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ РАСХОДА

Краснов А.Н.

Канд. техн. наук, доцент

Прахова М.Ю.

Доцент, Уфимский государственный нефтяной технический университет

Abstract

When pumping oil through pipelines in all areas between pumping stations, there are pressure losses due to the hydrodynamic resistance of the liquid. It depends on various factors, including the rheological properties of the liquid and the nature of its flow (laminar or turbulent). To reduce turbulence, anti-turbulence additives (ATA) are used, which affect the correctness of the calibration characteristics of flow meters. The article presents the results of studies of this effect for a turbine and ultrasonic flow meter.

Аннотация

При перекачке нефти по трубопроводам на всех участках между насосными станциями возникают потери напора, обусловленные гидродинамическим сопротивлением жидкости. Оно зависит от разных факторов, в том числе от реологических свойств жидкости и характера ее течения (ламинарное или турбулентное). Для снижения турбулентности используют противотурбулентные присадки (ПТП), что влияет на корректность градуировочных характеристик расходомеров. В статье приводятся результаты исследований этого влияния для турбинного и ультразвукового расходомера.

Keywords: flow mode, anti-turbulence additive, turbine flow meter, ultrasonic flow meter, calibration characteristic

Ключевые слова: режим течения, противотурбулентная присадка, турбинный расходомер, ультразвуковой расходомер, градуировочная характеристика

Эффективность транспорта любых углеводородов по магистральным трубопроводам фактически определяется затратами электроэнергии на перемещение единицы продукта на определенное расстояние. В случае жидких углеводородов, например, нефти, производительность трубопровода (пропускная способность) зависит прежде всего от таких факторов, как состояние самого трубопровода и мощность магистральных насосных агрегатов. Однако существенное влияние оказывают также режим течения и физико-химические свойства перекачиваемой среды, в частности, ее вязкость. Именно они определяют гидродинамическое сопротивление, оказываемое напору, развиваемому магистральными насосными агрегатами. Повышение их мощности ограничено предельными значениями давления в трубопроводе, поэтому необходимо использование альтернативных методов снижения гидродинамического сопротивления.

Одним из таких методов является некое «упрядочение» турбулентного течения [1] за счет введения в поток нефти определенного количества некоторых полимеров, так называемых противотурбулентных присадок (ПТП). Они представляют собой гель или суспензию высокомолекулярного углеводородного полимера в растворителе (так называемом носителе). ПТП позволяют уменьшить турбулентность в пристеночной области, в результате чего уменьшается гидравлическое сопротивление и потери напора на трение [2].

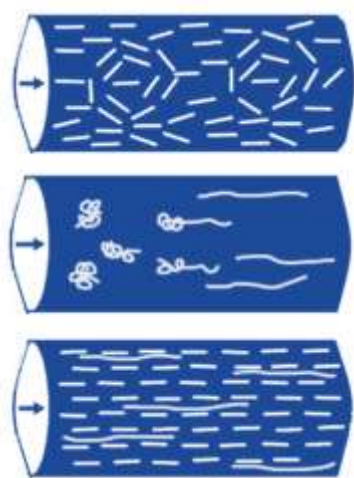
Эти присадки улучшают реологические свойства перекачиваемой среды, но в то же время оказывают влияние на используемые средства измерения расхода и, как следствие, на метрологические характеристики учета углеводородов. Поэтому исследование и оценка этого влияния является актуальной научно-практической задачей.

Рассмотрим более подробно механизм воздей-

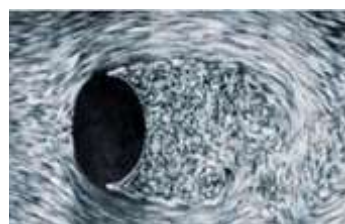
ствия ПТП на реологию потока. При транспортировке нефти или нефтепродуктов по магистральному трубопроводу основным видом движения жидкости является турбулентный (вихревой) режим, при котором скорости частиц жидкости в каждой точке беспорядочно меняются. В таком потоке происходят пульсации скоростей, под действием которых частицы жидкости, движущиеся в основном (осевом) направлении, получают также поперечные перемещения, приводящие к интенсивному перемешиванию потока по сечению. В результате затраты энергии на движение жидкости по сравнению с ламинарным потоком возрастают.

Несмотря на то, что ПТП используются достаточно давно (первое промышленное использование в мире в 1979 году на Трансаякинском магистральном нефтепроводе, в России в 1985 году на

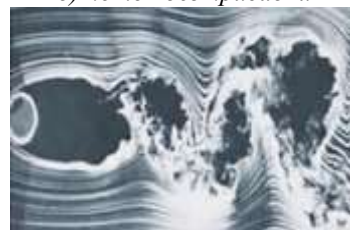
конечном участке нефтепровода «Лисичанск – Тихорецк»), механизм их действия до конца не изучен [3]. На сегодняшний день принято считать, что ПТП непосредственно взаимодействуют с турбулентными возмущениями и снижают рассеяние энергии в них. Клубок макромолекул ПТП после введения в турбулентный поток нефти под воздействием углеводородов разворачивается в длинные молекулярные цепочки по длине трубопровода (рис. 1, а). Возникающие молекулярные «нити» гасят турбулентные завихрения в потоке углеводородов, позволяя жидкости течь более направленно, прямолинейно (рис. 1, б, в). Это явление происходит во всем объеме обрабатываемого потока углеводородной жидкости.



а) механизм действия ПТП



б) поток без присадки



в) поток с присадкой

Рис.1. Влияние ПТП на характер потока

Теперь становится очевидным неизбежное влияние ПТП на метрологические характеристики преобразователей расхода, используемых в системах коммерческого учета нефти и нефтепродуктов [4]. При реализации косвенного динамического метода учета средством измерения расхода чаще всего является турбинный преобразователь расхода (ТПР). Используются также ультразвуковые расходомеры (УЗР).

Основной характеристикой ТПР является его коэффициент преобразования (его также называют К-фактор, имп/м^3), представляющий собой количество импульсов выходного сигнала, приходящееся на единицу объема, как правило, на один кубометр. Значение этого коэффициента определяется по результатам ежегодной поверки ТПР. В межповерочном интервале также постоянно проводится контроль метрологических характеристик (КМХ), для ТПР эта процедура проводится не реже одного раза в месяц. В ходе этой процедуры определяют фактическое значение коэффициента преобразования на месте эксплуатации в рабочем диапазоне расходов и относительного отклонения его значения от значения коэффициента преобразования, установленного в системе

обработки информации (СОИ). Абсолютные значения относительных отклонений коэффициентов преобразований не должны превышать 0,15 % [5].

Значение коэффициента преобразования ТПР зависит от многих факторов, таких как скорость потока, реологические свойства жидкости (вязкость, предельное напряжение сдвига, смачиваемость), загрязненность чувствительного элемента ТПР и др. При использовании противотурбулентных присадок изменяются как раз реологические свойства нефти, что однозначно приводит к изменению К-фактора и, соответственно, возникновению дополнительной погрешности.

Для оценки степени и характера влияния ПТП на метрологические характеристики (МХ) преобразователей расхода были использованы результаты экспериментальных исследований, проведенных в ПАО «Транснефть». Целью испытаний турбинных расходомеров была оценка стабильности их работы, а ультразвуковых – влияния концентрации ПТП.

Для турбинного расходомера были получены четыре градуировочные характеристики (ГХ): первая ГХ при полном отсутствии ПТП, а еще три – в условиях применения ПТП (первая из них была

принята за номинальную, а две оставшиеся использовались для определения стабильности работы преобразователя расхода). Полученные результаты приведены на рис. 2.

Анализ результатов определения МХ турбинного преобразователя расхода TZN-250 показывает:

- отклонения К-фактора ТПР при определении МХ без применения ПТП превышают допустимые отклонения ($\pm 0,15\%$) относительно ГХ, полученной в условиях применения ПТП;

- отклонения К-фактора ТПР, определенные при стабильной концентрации ПТП в нефти, находятся в пределах $\pm 0,05\%$ (при допустимых отклонениях $\pm 0,15\%$).

Для ультразвукового ПР были получены три ГХ: без применения ПТП, с применением ПТП с концентрацией 5,0 г/т и 8,0 г/т (последняя была принята за номинальную ГХ). Результаты показаны на рис. 3. В каждом случае проводилась настройка «нуля» в СОИ.

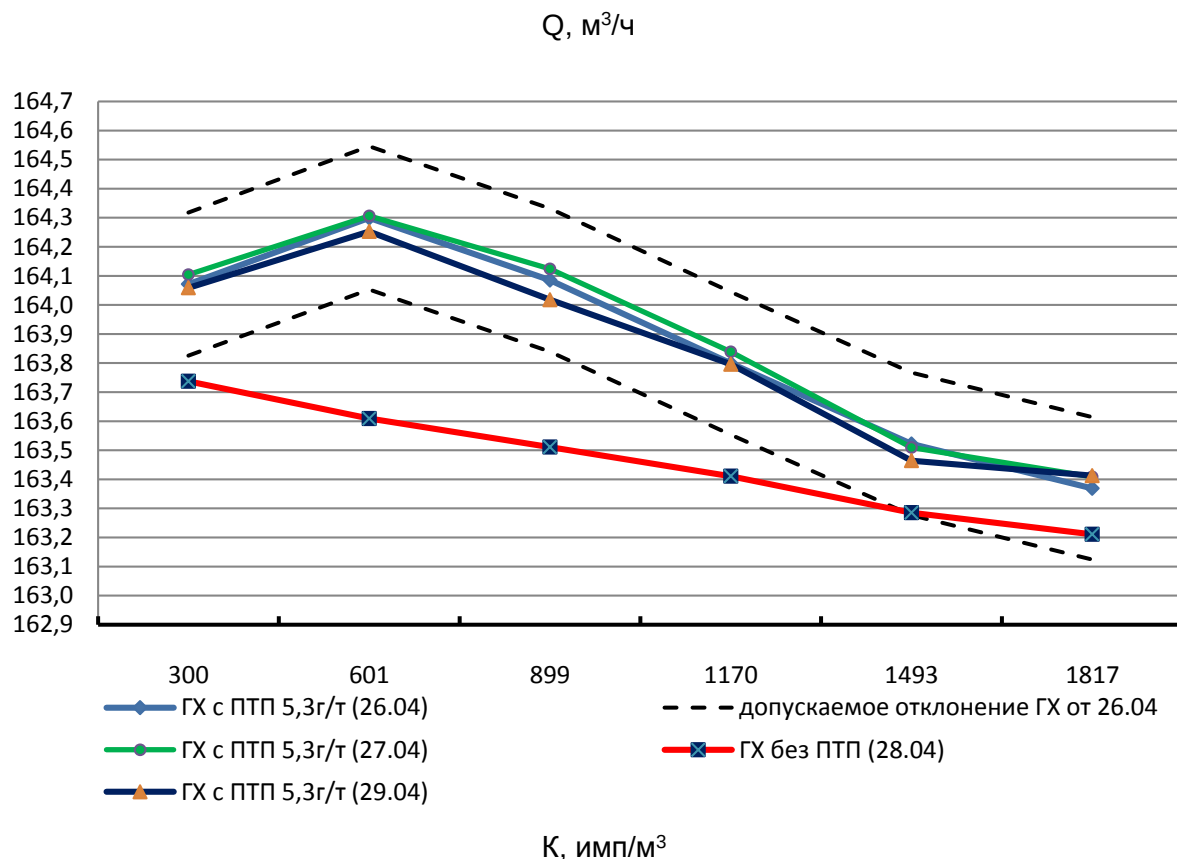


Рис. 2. Результаты исследований турбинного преобразователя расхода TZN-250 фирмы Faure Herman (Франция)

Анализ результатов исследования для УЗР показывает:

- градуировочная характеристика при условиях применения ПТП обладает высокой степенью линейности;

- отклонение коэффициента преобразования в минимальной точке расхода при определении МХ

без применения ПТП превышает допустимое отклонение ($\pm 0,15\%$) относительно ГХ, полученной при определении МХ с применением ПТП;

- отклонения коэффициентов преобразования УЗР, определенные при разных концентрациях ПТП (5 г/т и 8 г/т) в нефти, находятся в пределах $\pm 0,065\%$ (при допустимых отклонениях $\pm 0,15\%$).

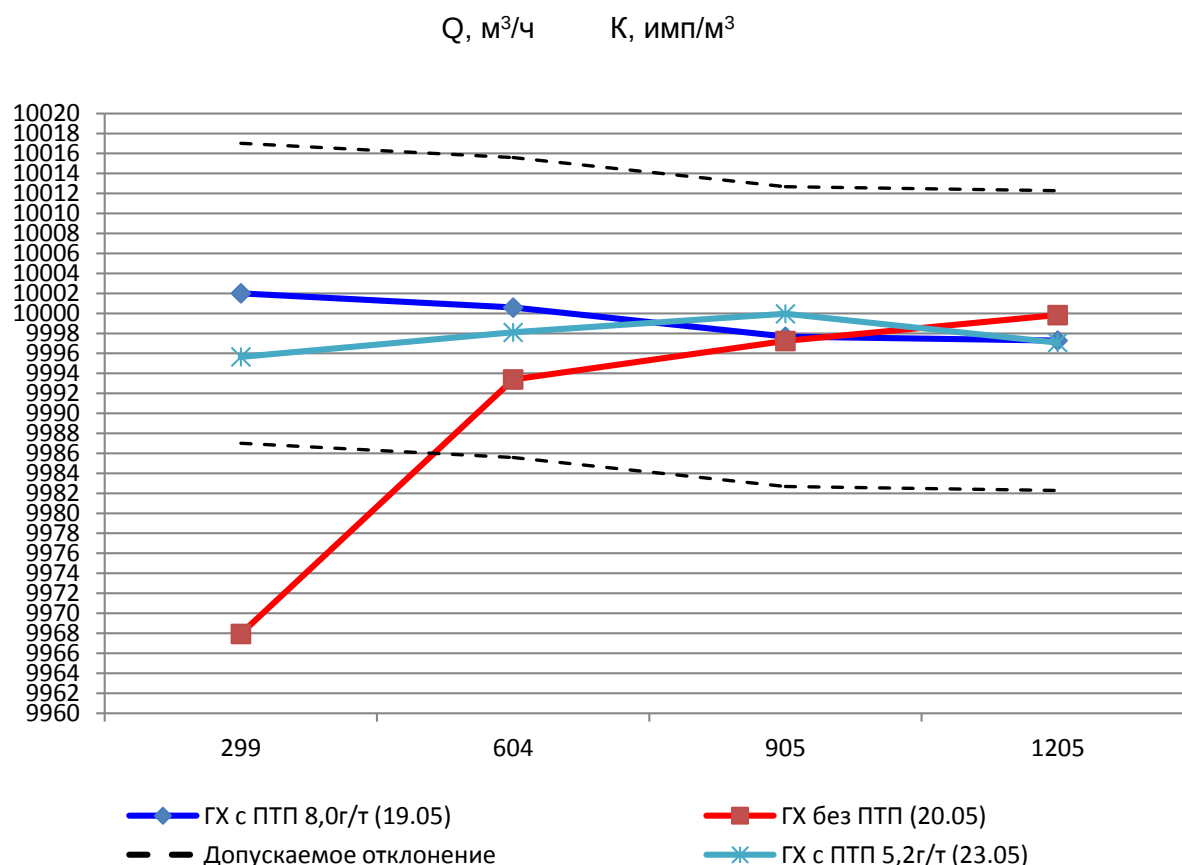


Рис. 3. Результаты исследований ультразвукового ПР типа DFX Ду 200 (ООО «ЕНХА», Россия)

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы.

Противотурбулентные присадки обеспечивают ламинарный поток в пристеночной области трубопровода, снижая его сопротивление и увеличивая скорость потока, и, как следствие, – вращение ротора турбинного ПР (при прочих равных условиях). Соответственно для корректной работы ТПР в случае применения ПТП необходимо изменение К-фактора. С увеличением концентрации применяемых ПТП значения коэффициентов преобразований в каждой рабочей точке расхода увеличиваются.

Поведение УЗР в различных условиях (применения ПТП и их отсутствия) стабильно. Однако эта стабильность достигается трудоемкой предварительной настройкой, которая, как правило, выполняется представителями компании-изготовителя либо специально обученными специалистами.

Турбинные преобразователи расхода используются для коммерческого учета практически везде, поэтому для обеспечения достоверности учетных операций необходимо их поверку производить как в условиях обычной перекачки, так и в условиях применения ПТП. Это позволит использовать в межповерочном интервале градуировочную характеристику, соответствующую текущим условиям перекачки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Павлов В.В. и др. Повышение эффективности работы трубопровода при последовательной перекачке нефти и нефтепродуктов [Электронный ресурс] – URL: <https://giprotuboprovod.transneft.ru/press/articles/?id=20712>.
2. Бархатов А.Ф., Настепанин П.Е. Противотурбулентная присадка как один из способов снижения капитальных и эксплуатационных затрат // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. 2014. № 3 (15). С. 18-26.
3. Валиев М.И., Жолобов В.В., Тарновский Е.И. К вопросу о механизме действия высокомолекулярных полимерных противотурбулентных присадок // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. № 3 (11). 2013. С. 18 – 25.
4. Грудз В.Я., Аль-Дандал Р.С. Исследование влияния противотурбулентных присадок на гидравлическое сопротивление нефтепродуктопровода // Системы. Методы. Технологии. 2015. № 3 (27). С. 44 – 50. URL: https://special.brstu.ru/static/unit/journal_smt/docs/number-27/44-50.pdf.
5. МИ 3532-2015 Рекомендация. Государственная система обеспечения единства измерений. Рекомендации по определению массы нефти при учетных операциях с применением систем измерений количества и показателей качества нефти. – URL: <http://files.stroyinf.ru/In-dex2/1/4293756/4293756631.htm>.

NEEDS OF DEVELOPING PROTECTION OF ASYNCHRONOUS GENERATORS OF SMALL HYDRO POWER PLANTS**Sobol A.***Candidate of Technical Sciences. Associate Professor, FSBEI HE Kuban SAU, Russia, Krasnodar***Kurdupova E.***Undergraduate, FSBEI HE Kuban SAU, Russia, Krasnodar***Kornienko I.***Undergraduate, FSBEI HE Kuban SAU, Russia, Krasnodar***Chundyshko R.***Undergraduate, FSBEI HE Kuban SAU, Russia, Krasnodar***Andreeva A.***Student, FSBEI HE Kuban SAU, Russia, Krasnodar***О НЕОБХОДИМОСТИ РАЗРАБОТКИ ЗАЩИТЫ АСИНХРОННЫХ ГЕНЕРАТОРОВ МАЛЫХ ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ****Соболь А.Н.***Кандидат технических наук. доцент, ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ, Россия, г. Краснодар***Курдупова Е.А.***Магистрант, ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ, Россия, г. Краснодар***Корниенко И.А.***Магистрант, ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ, Россия, г. Краснодар***Чундышко Р.Р.***Магистрант, ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ, Россия, г. Краснодар***Андреева А.А.***Студент, ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ, Россия, г. Краснодар***Abstract**

Currently, the use of asynchronous generators in small hydropower plants has rather great prospects. Diagnosing the technical condition of asynchronous generators in operating modes allows to minimize damage from these consequences due to early detection of incipient defects.

Аннотация

В настоящее время применение асинхронных генераторов в малых гидроэлектростанциях имеет достаточно большие перспективы. Диагностирование технического состояния асинхронных генераторов в рабочих режимах позволяет до минимума снизить ущерб от этих последствий за счет раннего обнаружения зарождающихся дефектов.

Keywords: hydroelectric power station, asynchronous generator, diagnosis, defect.

Ключевые слова: гидроэлектростанция, асинхронный генератор, диагностирование, дефект.

Малые гидроэлектростанции (МГЭС) представляют собой турбину с генератором и системой автоматического управления. А в соответствии с характером использования гидроресурсов они подразделяются на русловые - станции с маленькими водохранилищами; станции, в использовании которых находится скоростная энергия свободного течения реки; станции с источником энергии в виде перепада уровня воды [1, с. 54].

Одним из основных достоинств объектов малой гидроэнергетики является экологическая безопасность. В процессе их сооружения и последующей эксплуатации вредных воздействий на свойства и качество воды нет. Водоемы можно использовать и для рыбохозяйственной деятельности. В процессе выработки электроэнергии МГЭС не производит парниковых газов и не загрязняет окружающую среду продуктами горения и токсичными отходами, что соответствует требованиям Киотского протокола. Подобные объекты не являются причи-

ной наведенной сейсмичности и сравнительно безопасны при естественном возникновении землетрясений [2, с. 13]. Они не оказывают отрицательного воздействия на образ жизни населения, на животный мир и местные микроклиматические условия.

Как любой локализованный источник энергии, в случае изолированного применения, объект малой гидроэнергетики уязвим с точки зрения выхода из строя, в результате чего потребители остаются без энергоснабжения (решением проблемы является создание совместных или резервных генерирующих мощностей - ветроагрегата, когенерирующей миникотельной на биотопливе, фотоэлектрической установки и т.д.).

Наиболее распространенный вид аварий на объектах малой гидроэнергетики -- разрушение плотины и гидроагрегатов в результате перелива через гребень плотины при неожиданном подъеме уровня воды и несрабатывании запорных устройств. В некоторых случаях МГЭС способствуют заиливанию водохранилищ и оказывают влияние на руслоформирующие процессы.

Кроме того, существует еще одна проблема использования МГЭС. В настоящее время применение асинхронных генераторов в малых гидроэлектростанциях имеет достаточно большие перспективы. Дело в том, что в подавляющем большинстве случаев отказы асинхронных машин происходят из-за повреждения обмоток, при этом большинство повреждений приходится на замыкания между витками. Если генератор не потеряет возбуждение при замыкании между витками и сохранит временную работоспособность, то надо считать, что он находится в состоянии скрытого отказа, выявление которого необходимо для обеспечения надежности электроснабжения [3, с. 134]. Также в состоянии скрытого отказа асинхронный генератор может находиться в случае обрыва одного или нескольких стержней короткозамкнутого ротора.

Диагностирование технического состояния асинхронных генераторов в рабочих режимах позволяет до минимума снизить ущерб от этих последствий за счет раннего обнаружения зарождающихся дефектов [4, с. 22]. Использование методов и средств контроля и анализа текущего технического состояния также позволяет внедрить технологию обслуживания генераторов "по состоянию", суть которой заключается в том, что обслуживание и ремонт производятся в зависимости от реального текущего технического состояния механизма, контролируемого в процессе эксплуатации без каких-либо разборок и ревизий на базе измерений соответствующих параметров [5, с. 78].

В качестве объекта исследования использовался автономный асинхронный генератор (ААГ) с конденсаторным возбуждением, выполненный на базе трехфазного асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором типа 4А100S4У3 (3 кВт, 1435 об/мин).

Емкость самовозбуждения равна 40 мкФ. В экспериментальной установке использовались два варианта привода: асинхронный двигатель (АД) (система с «жестким» приводом,) и двигатель постоянного тока (ДПТ) с изменяемой в некоторых пределах угловой скоростью («не жесткая» система.). Искусственные замыкания между различными витками в фазных обмотках автономного асинхронного генератора создавались с помощью специальных, предварительно выведенных наружу из лобовой части обмотки статора, выводов.

Опыты показали, что при витковых и междофазных КЗ в обмотке статора при малом числе замкнутых витков ААГ не теряет возбуждения. На основании опытных данных было установлено, что ток в короткозамкнутой части обмотки увеличивается в 5-10 раз по сравнению с номинальным, но большой несимметрии фазных токов нагрузки не наблюдается. Генератор теряет возбуждение только при 15–30 % замкнутых витков [4].

В случае привода от АД, в отличие от привода от ДПТ, с увеличением нагрузки ток в поврежденной фазе уменьшается. С увеличением емкости самовозбуждения ток в поврежденной фазе увеличивается. При увеличении числа КЗ витков происходит уменьшение токов в фазе. Аналогичный

характер имеют зависимости тока в установившемся режиме для неповрежденных фаз. Ток КЗ в случае привода от АД с увеличением емкости самовозбуждения растет, в отличие от привода генератора от ДПТ.

Исследования вибрации корпуса ААГ (с помощью датчика вибрации, прикрепленного к корпусу генератора) показали, что при КЗ в статорной обмотке гармонические составляющие сигнала вибродатчика увеличиваются в 4 – 8 раз (в области 600 – 1500 Гц). При малом числе КЗ витков изменение гармоник незначительно (1 – 4 %). Данный признак позволяет обнаруживать не только электрические, но и механические повреждения, поэтому его целесообразно использовать для построения устройства защиты генератора.

Таким образом, основным принципом обнаружения витковых замыканий в обмотке статора асинхронного электродвигателя является измерение появляющейся несимметрии токов статора. При витковых замыканиях в обмотке статора ААГ она невелика, поэтому для построения защиты необходимо применять высокочувствительные схемы для обнаружения несимметрии трехфазной системы токов и напряжений, а также искажения формы токов и напряжений, например, путем гармонического анализа. При КЗ в статорной обмотке ААГ гармонические составляющие сигнала вибродатчика, установленного на корпусе генератора увеличиваются в 4 – 8 раз. Данный диагностический признак целесообразно использовать при построении защиты ААГ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Богдан А.В. Обнаружение виткового замыкания в обмотке статора асинхронного генератора [Текст]. / А.В. Богдан, А.Н. Соболев, Н.С. Баракин // Сельский механизатор – М.: ООО «Нива», 2018. – № 7-8. – С. 44 – 45.
2. Богдан А.В. Информационные признаки повреждения обмотки статора для построения релейной защиты автономного асинхронного генератора [Текст]. / А.В. Богдан, А.Н. Соболев // Известия вузов. Электромеханика. - Новочеркасск: ЮРГПУ (НПИ) имени М.И. Платова, 2017. – № 6. - С. 72-76.
3. Баракин Н.С. Асинхронный генератор с автотрансформаторной обмоткой статора [Текст]. / Н.С. Баракин, А.Н. Соболев, А.А. Кумейко // Сельский механизатор – М.: ООО «Нива», 2018. - № 7-8. - С. 48 – 49.
4. Богдан А.В. Измерение сопротивления нулевой последовательности силового трансформатора Y/YN-12 [Текст]. / А.В. Богдан, А.Н. Соболев, В.А. Богдан // Сельский механизатор, – М.: ООО «Нива», 2018. - № 11. - С. 40 – 41.
5. Богдан А.В. Информационные признаки повреждения обмотки статора для построения релейной защиты автономного асинхронного генератора [Текст]. / А.В. Богдан, А.Н. Соболев // Известия вузов. Электромеханика. - Новочеркасск: ЮРГПУ (НПИ) имени М.И. Платова, 2017. – № 6. - С. 72-76.

№42/2020

Norwegian Journal of development of the International Science

ISSN 3453-9875

VOL.1

It was established in November 2016 with support from the Norwegian Academy of Science.

DESCRIPTION

The Scientific journal “Norwegian Journal of development of the International Science” is issued 12 times a year and is a scientific publication on topical problems of science.

Editor in chief – Karin Kristiansen (University of Oslo, Norway)

The assistant of the editor in chief – Olof Hansen

- James Smith (University of Birmingham, UK)
- Kristian Nilsen (University Centre in Svalbard, Norway)
- Arne Jensen (Norwegian University of Science and Technology, Norway)
- Sander Svein (University of Tromsø, Norway)
- Lena Meyer (University of Gothenburg, Sweden)
- Hans Rasmussen (University of Southern Denmark, Denmark)
- Chantal Girard (ESC Rennes School of Business, France)
- Ann Claes (University of Groningen, Netherlands)
- Ingrid Karlsen (University of Oslo, Norway)
- Terje Gruterson (Norwegian Institute of Public Health, Norway)
- Sander Langfjord (University Hospital, Norway)
- Fredrik Mardosas (Oslo and Akershus University College, Norway)
- Emil Berger (Ministry of Agriculture and Food, Norway)
- Sofie Olsen (BioFokus, Norway)
- Rolf Ulrich Becker (University of Duisburg-Essen, Germany)
- Lutz Jäncke (University of Zürich, Switzerland)
- Elizabeth Davies (University of Glasgow, UK)
- Chan Jiang (Peking University, China)

and other independent experts

1000 copies

Norwegian Journal of development of the International Science

Iduns gate 4A, 0178, Oslo, Norway

email: publish@njd-iscience.com

site: <http://www.njd-iscience.com>