



SCIENCE
JOURNAL

MODERN

ENGINEERING AND
INNOVATIVE TECHNOLOGIES

ISSUE 2
VOL 2

2017



International periodic scientific journal

—*ONLINE*

www.moderntechno.de



MODERN ENGINEERING AND INNOVATIVE TECHNOLOGIES

Heutiges Ingenieurwesen und
innovative Technologien

TECHNICALSCIENCES

Issue №2

Vol.1

November 2017

Published by:
Sergeieva Iuliia

This volume contains research papers of scientists in the field of Technical sciences.

Editor: PhD Kupriyenko Sergiy

Editorial board:

Averchenkov Vladimir, Doctor of Technical Sciences, Professor, Russian

Antonov Valery, Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician, Ukraine

Bykov Yuri, Doctor of Technical Sciences, Professor, Russian

Goncharuk Sergey, Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician, Russian vb

Zakharov Oleg, Doctor of Technical Sciences, Professor, Russia

Capitanov Vasily, Doctor of Technical Sciences, Professor, Ukraine

Kalaida Vladimir, Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician, Russian

Kovalenko Petr, Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician, Ukraine

Kopey Bogdan, Doctor of Technical Sciences, Ukraine

Kosenko Nadezhda, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Russia

Kruglov Valeriy, Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician, Russian

Kuderin Marat, Doctor of Technical Sciences, Professor, Kazakhstan

Lomotko Denis, Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician, Ukraine

Lebedev Anatoly, Doctor of Technical Sciences, Professor, Russian

Makarova Irina, Doctor of Technical Sciences, Professor, Russian

Morozova Tatiana, Doctor of Technical Sciences, Professor, Russian

Rokochinsky Anatoly, Doctor of Technical Sciences, Professor, Ukraine

Romashchenko Mikhail, Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician, Ukraine

Anatoliy Pavlenko, Doctor of Technical Sciences, professor, Ukraine

Pachurin Herman, Doctor of Technical Sciences, professor, academician, Russian

Pershin Vladimir, Doctor of Technical Sciences, Professor, Russian

Piganov Mikhail, Doctor of Technical Sciences, Professor, Russian

Polyakov Andrey, Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician, Ukraine

Popov Viktor, Doctor of Technical Sciences, Professor, Russian

Sementsov Georgiy, Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician, Ukraine

Sukhenko Youri, Doctor of Technical Sciences, professor, Ukraine

Sergey Ustenko, Doctor of Technical Sciences, associate professor, Ukraine

Habibullin Rifat, Doctor of Technical Sciences, Professor, Russian

Chervonyi Ivan, Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician, Ukraine

Shayko-Shaikovsky Alexander, Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician, Ukraine

Shcherban Igor, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Russia

Kirillova Elena, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Ukraine

Published by:

Sergeieva Iuliia

Lußstr. 13

76227 Karlsruhe

e-mail: modenginovtech@gmail.com

site: www.moderntechno.de

The publisher is not responsible for the validity of the information or for any outcomes resulting from reliance thereon.

Copyright
© Authors, 2017

Paper Numbering: Papers are published as they are submitted and meet publication criteria. A unique, consistent, permanent citation identifier (CID - last 8 symbols in url) number is assigned to each article at the time of the first publication.



Information for Authors

The International Scientific Periodical Journal "*Modern Technology and Innovative Technologies*" has been published since 2017 and has gained considerable recognition among domestic and foreign researchers and scholars.

Periodicity of publication: Quarterly

The journal activity is driven by the following objectives:

- Broadcasting young researchers and scholars outcomes to wide scientific audience
- Fostering knowledge exchange in scientific community
- Promotion of the unification in scientific approach
- Creation of basis for innovation and new scientific approaches as well as discoveries in unknown domains

The journal purposefully acquaints the reader with the original research of authors in various fields of science, the best examples of scientific journalism.

Publications of the journal are intended for a wide readership - all those who love science. The materials published in the journal reflect current problems and affect the interests of the entire public.

Requirements for articles:

Articles should correspond to the thematic profile of the journal, meet international standards of scientific publications and be formalized in accordance with established rules. They should also be a presentation of the results of the original author's scientific research, be inscribed in the context of domestic and foreign research on this topic, reflect the author's ability to freely navigate in the existing bibliographic context on the problems involved and adequately apply the generally accepted methodology of setting and solving scientific problems.

All texts should be written in literary language, edited and conform to the scientific style of speech. Incorrect selection and unreliability of the facts, quotations, statistical and sociological data, names of own, geographical names and other information cited by the authors can cause the rejection of the submitted material (including at the registration stage).

All tables and figures in the article should be numbered, have headings and links in the text. If the data is borrowed from another source, a bibliographic reference should be given to it in the form of a note.

The title of the article, the full names of authors, educational institutions (except the main text language) should be presented in English.

Articles should be accompanied by an annotation and key words in the language of the main text and must be in English. The abstract should be made in the form of a short text that reveals the purpose and objectives of the work, its structure and main findings. The abstract is an independent analytical text and should give an adequate idea of the research conducted without the need to refer to the article. Abstract in English (Abstract) should be written in a competent academic language.

The presence of UDC, BBK

Acceptance of the material for consideration is not a guarantee of its publication. Registered articles are reviewed by the editorial staff and, when formally and in substance, the requirements of the journal are sent to peer review, including through an open discussion using the web resource www.sworld.education

Only previously unpublished materials can be posted in the journal.

Regulations on the ethics of publication of scientific data and its violations

The editors of the journal are aware of the fact that in the academic community there are quite widespread cases of violation of the ethics of the publication of scientific research. As the most notable and egregious, one can single out plagiarism, the posting of previously published materials, the misappropriation of the results of foreign scientific research, and falsification of data. We oppose such practices.

The editors are convinced that violations of copyrights and moral norms are not only ethically unacceptable, but also serve as a barrier to the development of scientific knowledge. Therefore, we believe that the fight against these phenomena should become the goal and the result of joint efforts of our authors, editors, reviewers, readers and the entire academic community. We encourage all stakeholders to cooperate and participate in the exchange of information in order to combat the violation of the ethics of publication of scientific research.

For its part, the editors are ready to make every effort to identify and suppress such unacceptable practices. We promise to take appropriate measures, as well as pay close attention to any information provided to us, which will indicate unethical behavior of one or another author.

Detection of ethical violations entails refusal to publish. If it is revealed that the article contains outright slander, violates the law or copyright rules, the editorial board considers itself obliged to remove it from the web resource and from the citation bases. Such extreme measures can be applied only with maximum openness and publicity.

Sections of the Journal:

Library of Congress Classification Outline

Sections

Subclass TJ / TJ1-1570	Mechanical engineering and machinery
Subclass TK / TK1-9971	Electrical engineering.
Subclass TA / TA165	Engineering instruments, meters, etc. Industrial instrumentation
Subclass TK / TK5101-6720	Telecommunication
Subclass TK / TK1-9971	Electrical engineering. Electronics. Nuclear engineering
Subclass TN / TN1-997	Mining engineering. Metallurgy
Subclass TS / TS1950-1982, TS2120-2159	Animal products., Cereals and grain. Milling industry
Subclass TS / TS1300-1865	Textile industries
Subclass TK / TK7800-8360	Electronics
Subclass T / T55.4-60.8	Industrial engineering. Management engineering
Subclass T / T351-385	Mechanical drawing. Engineering graphics
Subclass TA / TA1001-1280, Subclass TL / TL1-484, Subclass TE / TE1-450, Subclass TF / TF1-1620	Transportation engineering, Motor vehicles. Cycles, Highway engineering. Roads and pavements, Railroad engineering and operation
Subclass TH / TH1-9745	Building construction
Subclass T / T55-55.3	Industrial safety. Industrial accident prevention



CONTENTS / СОДЕРЖАНИЕ

Mechanical engineering and machinery

Машиностроение и машиноведение

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/g117-017>

7

BASIC EQUATION OF THE LOW-PRESSURE OIL-GAS JET

РІВНЯННЯ ХАРАКТЕРИСТИКИ НИЗЬКОНАПІРНОГО НАФТОГАЗОВОГО ЕЖЕКТОРА

Dubei O.Ya. / Дубей О.Я., Panevnyk O.V. / Паневник О.В.

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/g117-025>

16

APPLYING OF SEVERAL FACE MILLS IN COMPOSITE MILLING HEADS

ПРИМЕНЕНИЕ НЕСКОЛЬКИХ ТОРЦОВЫХ ФРЕЗ В АГРЕГАТНЫХ ФРЕЗЕРНЫХ ГОЛОВКАХ

Kushnirov P.V. / Кушников П.В., Stupin B.A. / Ступин Б.А.

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/g117-043>

22

ANALYSIS OF EFFICIENCY OF THE USE OF NON-MATERIAL ASSETS

АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ НЕМАТЕРІАЛЬНИХ АКТИВІВ

Bozhko V.P. / Божко В.П., Nuzhnova Y.A. / Нужнова Ю.А., Vlasenko N.I. / Власенко Н.І.

Huzhva T.V. / Гужва Т.В., Demchuk E.V. / Демчук О.В.

Engineering instruments, meters, etc. Industrial

instrumentation

Приборостроение, метрология и информационно-измерительные приборы и системы

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/g117-002>

30

OPTIMIZATION OF WATER SURFACE MODE

IN MILLIONED LAND WITH DEVELOPED MICRORELEIFE

ОПТИМІЗАЦІЯ ВОДНОГО РЕЖИМУ ҐРУНТІВ

НА МЕЛІОРОВАНИХ ЗЕМЛЯХ З РОЗВИНЕННЯМ МІКРОРЕЛЬЄФОМ

Mozol N.V. / Мозоль Н.В.

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/g117-004>

34

THE CLASSIFICATION OF THE CERTAIN TYPES OF THE UNMANNED AERIAL VEHICLES

КЛАСИФІКАЦІЯ ВІДОМИХ ВИДІВ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

Knysh B.P. / Книш Б.П., Brovko P.V. / Бровко П.В., Popil D.S. / Попіль Д.С.

Telecommunication

Радиотехника и связь

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/g117-029>

40

EVALUATION OF THE NON-COMPENSATED CROSSTALK NOISE FOR THE SIMPLIFIED MODEL OF «VECTURING» SYSTEM FOR MULTIBUNDLE TELEPHONE CABLES TRP TYPE

ОЦІНКА НЕСКОМПЕНСОВАНОЇ ПЕРЕХІДНОЇ ЗАВАДИ ЗА СПРОЩЕНОЮ МОДЕЛЛЮ СИСТЕМИ «ВЕКТОРИНГ» ДЛЯ БАГАТОПУЧКОВИХ ТЕЛЕФОННИХ КАБЕЛІВ ТИПУ ТПП

Oreshkov V.I. / Орешков В.І.


Electrical engineering. Electronics. Nuclear engineering
Энергетика

48

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/g117-012>
**ENERGY PRODUCTION FROM RENEWABLE SOURCES IN THE
REPUBLIC OF BULGARIA – SITUATION AND TRENDS**
**ПРОИЗВОДСТВО ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГИИ В БОЛГАРИИ - СОСТОЯНИЕ И
ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ**

Mollov, Y. A. / Моллов, Й. А.

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/g117-038>

53

SOLAR CELL MODEL TESTING
ТЕСТИРОВАНИЕ МОДЕЛИ СОЛНЕЧНОЙ БАТАРЕИ

Kryvda V.I. / Крывда В.И., Vasylenko O. / Василенко О.О., Fedorova M. / Фёдорова М.А.

Mining engineering. Metallurgy
Металлургия и материаловедение

58

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/g117-014>
THE DOLOMITE DECOMPOSITION UNDER MICROWAVE TREATMENT
РАЗЛОЖЕНИЕ ДОЛОМИТА В ПРОЦЕССЕ МИКРОВОЛНОВОЙ ОБРАБОТКИ

Filatova N.V. / Филатова Н.В., Kosenko N.F. / Косенко Н.Ф.

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/g117-015>

63

THE BEHAVIOR OF SOME OXIDE BINDING MATERIALS
AFTER MECHANICAL TREATMENT
**ПОВЕДЕНИЕ НЕКОТОРЫХ ОКСИДНЫХ ВЯЖУЩИХ МАТЕРИАЛОВ ПОСЛЕ
МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ**

Kosenko N.F. / Косенко Н.Ф., Filatova N.V. / Филатова Н.В.

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/g117-032>

68

SILICON-SEMICONDUCTOR, TECHNOLOGIES AND PROSPECTS
КРЕМНИЙ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЙ, ТЕХНОЛОГИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Verhovlyuk A. M. / Верховлюк А.М., Chervonyi I. F. / Червоный И.Ф.

Animal products., Cereals and grain. Milling industry
Технология продовольственных продуктов

99

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/g117-009>
THE HISTORY OF DIETARY AND SPORT NUTRITION'S DEVELOPMENT
ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО И СПОРТИВНОГО ПИТАНИЯ

Starygin V.S. / Старыгин В.С., Kamnev A.M. / Камнев А.М.

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/g117-011>

103

**PECULIARITIES OF CROP CAPACITY FORMING OF INDETERMINATE
TOMATO HYBRIDS IN GLASS GREENHOUSES**
**ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЙНОСТІ ІНДЕТЕРМІНАНТНИХ ГІБРИДІВ
ПОМІДОРА У СКЛЯНИХ ТЕПЛИЦЯХ**

Navris' I.L. / Гаврись І.Л.

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/g117-026>

107

SYSTEM APPROACH IN CRUMB BRIQUETTE TECHNOLOGY
СИСТЕМНИЙ ПІДХІД У ТЕХНОЛОГІЇ СУХАРНИХ БРИКЕТІВ

Makhynko V.M. / Махинько В.М., Sharan A.V. / Шаран А.В., Sharan L.O. / Шаран Л.О.

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/g117-028>

112

IMPLEMENTATION OF INNOVATIVE SOLUTIONS IN THE TECHNOLOGY OF BOILED SAUSAGE

ВПРОВАДЖЕННЯ ІННОВАЦІЙНИХ РІШЕНЬ В ТЕХНОЛОГІЇ ВАРЕНИХ КОВБАС

Kryzhova Yu.P. / Крижова Ю.П., Шевченко І.І. / Shevchenko I.I.

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/g117-037>

116

IMPROVING THE TECHNOLOGY OF FOOD CONCENTRATES

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ХАРЧОВИХ КОНЦЕНТРАТІВ

Ostrensky S.M. / Остренський С.М., Golembovska N.V. / Голембовська Н.В.

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/g117-041>

120

INNOVATIVE TECHNOLOGIES OF PRODUCTION OF SEMI-FINISHED PRODUCTS ROLLED IN DOUGH

ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ НАПІВФАБРИКАТІВ У ТІСТОВІЙ ОБОЛОНЦІ

Menchyns'ka A.A. / Menchyns'ka A.A., Gabelko O.M. / Habelko O.M.

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/g117-042>

125

USE OF ANTIOXIDANTS IN THE FOOD INDUSTRY (REVIEW ARTICLE)

ВИКОРИСТАННЯ АНТИОКСИДАНТІВ В ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВOSTІ (ОГЛЯДОВА СТАТТЯ)

Tyshchenko L.M. / Тищенко Л.М., Shakhvorostova V.M. / Шахворостова В.М.

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/g117-049>

133

THE STUDY OF QUALITY AND SAFETY INDICATORS OF SAUCES WITH HIGH PECTIN CONTENT

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА И БЕЗОПАСНОСТИ СОУСОВ С ПОВЫШЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ ПЕКТИНА

Slashcheva A.V. / Слащёва А.В.

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/g117-050>

138

PROSPECTS OF USING KROHMALCONTAINING RAW MATERIAL AS A SAHAROSUMEN FOR TECHNOLOGY OF PRODUCTS FROM YEAST TEST

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КРОХМАЛСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ В КАЧЕСТВЕ САХАРОЗАМЕНИТЕЛЯ ДЛЯ ТЕХНОЛОГИИ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ДРОЖЖЕВОГО ТЕСТА

Попова С.Ю. / Popova S.Yu.



УДК 622.276.53.054.23

BASIC EQUATION OF THE LOW-PRESSURE OIL-GAS JET РІВНЯННЯ ХАРАКТЕРИСТИКИ НИЗЬКОНАПІРНОГО НАФТОГАЗОВОГО ЕЖЕКТОРА

Dubei O.Ya. / Дубей О.Я.

Ph.D. / к.т.н.

Panevnyk O.V. / Паневник О.В.

д.т.н., проф. / d.t.s., prof.

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,
Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, 76019

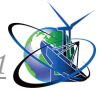
Анотація. Розглядаючи робочий і змішаний потоки у нафтогазовому ежекторі як гомогенні середовища, отримано рівняння низьконапірного ежектора. За незалежно змінні параметри при роботі ежектора прийнято тиск на виході ежектора p_c , коефіцієнт інжекції u_2 при вході у камеру змішування і об'ємний витратний газівміст робочого потоку β_p перед входом в ежектор. При використанні отриманого рівняння ежектора, його незалежно змінних та постійних параметрів розроблена методика обчислення всіх інших параметрів при роботі ежектора. Користуючись розробленою методикою для обчислення параметрів ежектора, створена комп'ютерна програма і за її допомогою виконані обчислення тисків, швидкостей руху і густин робочого, інжектованого та змішаного потоків у контрольних перерізах ежектора. За результатами виконаних обчислень встановлені деякі закономірності при його роботі. Зокрема вплив коефіцієнта інжекції на густину змішаного потоку на виході ежектора у порівнянні з густиною робочого потоку перед ежектором.

Ключові слова: нафтогазовий ежектор, робочий потік у ежекторі, інжектований потік, коефіцієнт інжекції.

Вступ.

Струминні апарати широко використовують у різних галузях сучасної техніки, в тому числі і в нафтогазовій промисловості. Для утилізації низьконапірного нафтового газу застосовують рідинногазові ежектори [1]. Останні десятиліття відзначаються тим, що струминні насоси входять безпосередньо в комплект обладнання для видобування нафти. Це є тандемні установки «ЕВН – струминний насос», у складі яких є газосепаратор, електровідцентровий насос (ЕВН) і струминний насос (СН) [2, 3]. При роботі цього обладнання у нафтовій свердловині забезпечується стабілізація роботи ЕВН, додатковий відбір продукції свердловини із затрубного простору і максимальне використання відсепарованого газу на прийомі насоса, що забезпечує збільшення підйому продукції свердловин на поверхню.

В Україні значна кількість нафтових свердловин експлуатується установками свердловинних штангових насосів (УСШН). Останнім часом запропоновано у таких свердловинах додатково встановлювати вище їх динамічного рівня нафтогазові ежектори, що забезпечить відбір нафтового газу із затрубного простору і полегшить підйом продукції свердловин на поверхню [4]. Реалізація цієї пропозиції стримується певною мірою відсутністю теорії



роботи нафтогазових ежекторів у свердловинах. Відомі теоретичні дослідження роботи водоповітряних ежекторів [5], результати яких застосувати безпосередньо для нафтової свердловини неможливо, оскільки у такій свердловині крім суміші води і нафти з розчиненим у ній нафтовим газом наявний і вільний нафтовий газ.

На рис. 1 зображена схема нафтогазового ежектора. При установленому ежекторі в свердловині газоводонафтова суміш поступає у сопло, на виході якого її швидкість значно зростає. Це викликає зменшення тиску в прийомній камері ежектора, в результаті чого нафтовий газ із затрубного простору потрапляє в ежектор. Далі ці два потоки надходять у камеру змішування, де відбувається їх перемішування, вирівнювання їх швидкостей і підвищення тиску. Подальше зростання тиску настає у дифузорі. Густина змішаного потоку на виході ежектора значно менша, ніж на вході в нього. Це забезпечує полегшений підйом продукції свердловини на її поверхню.

У даній роботі прийнято такі позначення величин: робочий потік перед соплом: Q_p – об'ємна витрата; p_p – статичний тиск; w_p – швидкість руху потоку; f_p – площа поперечного перерізу вхідного отвору; ρ_p – густина потоку; інжектований потік на вході у прийомну камеру (затрубний нафтовий газ) має параметри: Q_{in} , p_{in} , w_{in} , f_{in} , ρ_{in} ($p_{in} = p_{p1}$); змішаний потік на виході із камери змішування характеризується параметрами Q_3 , p_3 , w_3 , f_3 , ρ_3 ($f_3 = f_{p2} + f_{in2}$).

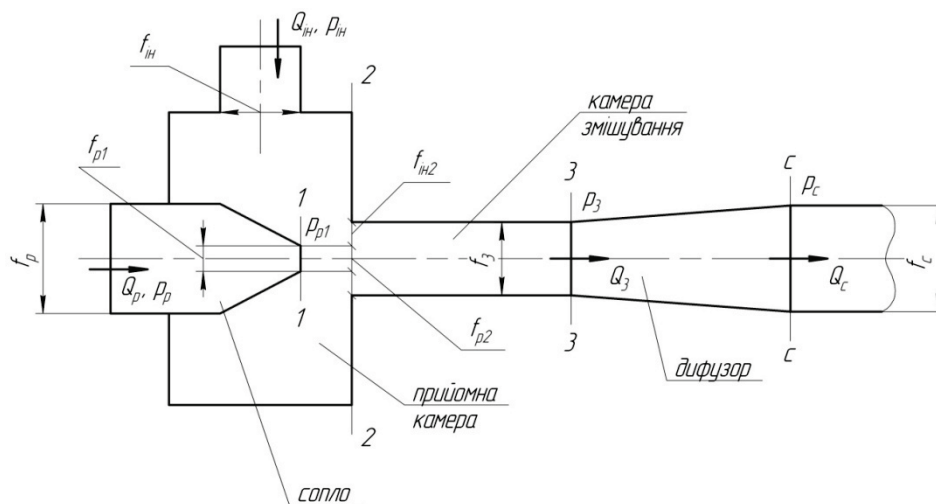
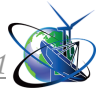


Рисунок 1 – Схема нафтогазового ежектора

Автори роботи [5] класифікують струминні апарати на низьконапірні ($m \geq 4$, $m = f_3/f_{p1}$) і високонапірні ($m < 4$). Таку ж класифікацію приймаємо і для нафтогазових ежекторів. Далі розглядаються низьконапірні ежектори, які, на відміну від високонапірних ежекторів, забезпечують невисокий відносний перепад тиску $\Delta p_c/\Delta p_p$ ($\Delta p_c = p_c - p_{p1}$, $\Delta p_p = p_p - p_{p1}$), але при немалому коефіцієнті інжекції u_2 на вході в камеру змішування ($u_2 = Q_{in2}/Q_{p2}$). Високонапірні ежектори розглядалися нами окремо у роботі [6].



Основна частина.

Для реалізації поставленої задачі приймаємо такі допущення: потоки на вході у камеру змішування паралельні; рідинна і газова фази рівномірно розподілені по об'єму і швидкість їх руху по перерізу потоку однакова; температури робочого і змішаного потоків у межах ежектора рівні і дорівнюють температурі робочого потоку на вході в ежектор; температура інжектованого газу рівна температурі робочого потоку.

Враховуючи зроблені допущення, рух робочого потоку в соплі, у прийомній камері і рух змішаного потоку в дифузорі можна розглядати як рух стиснутого рідинного гомогенного середовища. У цьому випадку для двох довільних перерізів $i, i+1$ справедливе рівняння Бернуллі у вигляді

$$\frac{p_i}{\rho_i} + \frac{w_i^2}{2} = \frac{p_{i+1}}{\rho_{i+1}} + \frac{w_{i+1}^2}{2} (1 + \xi_{mo}), \quad (1)$$

де ξ_{mo} – коефіцієнт місцевого опору.

Записуємо рівняння збереження імпульсу в циліндричній камері змішування:

$$Q_{p2} w_{p2} \rho_{p2} + Q_{in2} w_{in2} \rho_{in2} - Q_3 w_3 \rho_3 = p_3 f_3 - p_{p1} f_{p2} - p_2 f_{in2} + F_{mp}, \quad (2)$$

де F_{mp} – сила тертя у камері змішування ($F_{mp} = \xi_{k3} \frac{w_3^2 \rho_3}{2} f_3$); ξ_{k3} – коефіцієнт опору камери змішування.

У межах прийомної камери приймаємо, що робочий потік не змінює свої параметрів, тобто $Q_{p2} = Q_{p1}$, $f_{p2} = f_{p1}$, $\rho_{p2} = \rho_{p1}$, $w_{p2} = w_{p1}$.

Використовуємо рівняння Бернуллі для змішаного потоку в дифузорі і для інжектованого потоку в прийомній камері, які будуть:

$$\frac{p_3}{\rho_3} + \frac{w_3^2}{2} (1 - \xi_o) = \frac{p_c}{\rho_c} + \frac{w_c^2}{2}, \quad (3)$$

$$\frac{k}{k-1} \frac{p_{in}}{\rho_{in}} + \frac{w_{in}^2}{2} = \frac{k}{k-1} \frac{p_2}{\rho_{in2}} + (1 + \xi_{ex}) \frac{w_{in}^2}{2}, \quad (4)$$

де ξ_o , ξ_{ex} – коефіцієнти опору дифузора і входу інжектованого потоку в камеру змішування; k – показник адіабати інжектованого потоку, а також аналітичний вираз для Q_3 , записаний виходячи із закону збереження маси

$$Q_3 = \frac{\rho_{p2} Q_{p2} + \rho_{in2} Q_{in2}}{\rho_3}. \quad (5)$$

У рівняння (2) підставляємо (5), а також аналітичні вирази для p_3 і $p_{p1} - p_2$, знайдені відповідно із рівнянь (3) і (4). В результаті деяких перетворень одержимо:



$$\begin{aligned} & \rho_{p2} \frac{Q_{p2}^2}{f_{p2}} + \rho_{in2} \frac{Q_{in2}^2}{f_{in2}} - \left[1 - (1 + \xi_{ex}) \frac{k-1}{2k} \right] - (\xi_{\partial} + \xi_{\kappa 3} + 1) \times \\ & \times \frac{(\rho_{p2} Q_{p2} + \rho_{in2} Q_{in2})^2}{2\rho_3 f_3} = p_c f_3 \frac{\rho_3}{\rho_c} - p_{p1} f_3 \left[1 - \left(1 - \frac{\rho_{in2}}{\rho_{in}} \right) \times \right. \\ & \left. \times \frac{f_{in2}}{f_{in}} \right] + \frac{w_c^2 \rho_3}{2} f_3 - \frac{k-1}{2k} w_{in2}^2 \rho_{in2} f_{in2}. \end{aligned} \quad (6)$$

Із рівняння Бернуллі, записаного для сопла, і при врахуванні закону збереження маси будемо мати:

$$\rho_{p2}^2 Q_{p2}^2 = \frac{2f_{p1}^2 \rho_{p1}^2}{(1 + \xi_c) \rho_p} \left(p_p - p_{p1} \frac{\rho_p}{\rho_{p1}} + \frac{\rho_p w_p^2}{2} \right), \quad (7)$$

де: ξ_c – коефіцієнти опору сопла.

Виносимо за дужки у лівій частині рівняння (6) $\rho_{p2}^2 Q_{p2}^2$ і замість нього підставляємо вираз (7) і після незначних перетворень отримуємо кінцевий вигляд рівняння низьконапірного ежектора:

$$\begin{aligned} & \frac{2f_{p1}^2 \rho_{p1}^2}{(1 + \xi_c) \rho_p f_3} \left(p_p - p_{p1} \frac{\rho_p}{\rho_{p1}} + \frac{\rho_p w_p^2}{2} \right) \times \left\{ \frac{1}{f_{p1} \rho_{p1}} + \right. \\ & + \frac{\rho_{in2}}{\rho_{p1} f_{in2}} u_2^2 \left[1 - \frac{k-1}{2k} (1 + \xi_{ex}) \right] - (\xi_{\partial} + \xi_{\kappa 3} + 1) \frac{1}{2f_3 \rho_3} \times \\ & \times \left(1 + \frac{\rho_{in2}}{\rho_{p1}} u_2 \right)^2 \left. \right\} - p_c \frac{\rho_3}{\rho_c} - \frac{\rho_3 w_c^2}{2} + p_{p1} \left[1 - \left(1 - \frac{\rho_{in2}}{\rho_{in}} \right) \times \right. \\ & \left. \times \frac{f_{in2}}{f_3} \right] + \frac{k-1}{2k} \frac{f_{in2}}{f_3} \rho_{in2} w_{in}^2 = 0. \end{aligned} \quad (8)$$

Рівняння (8) пов'язує між собою геометричні параметри ежектора з параметрами робочого потоку та інжектованого потоків. Декілька параметрів цього рівняння є незалежні, а всі інші залежать від них і можуть бути виражені через них у певній послідовності. За незалежні параметри приймаємо тиск p_c на виході ежектора, коефіцієнт інжекції u_2 і витратний газовміст β_p робочого потоку на вході в ежектор. Цей параметр безпосередньо не входить у рівняння (8), але через нього виражається більша частина параметрів, які входять у це рівняння.

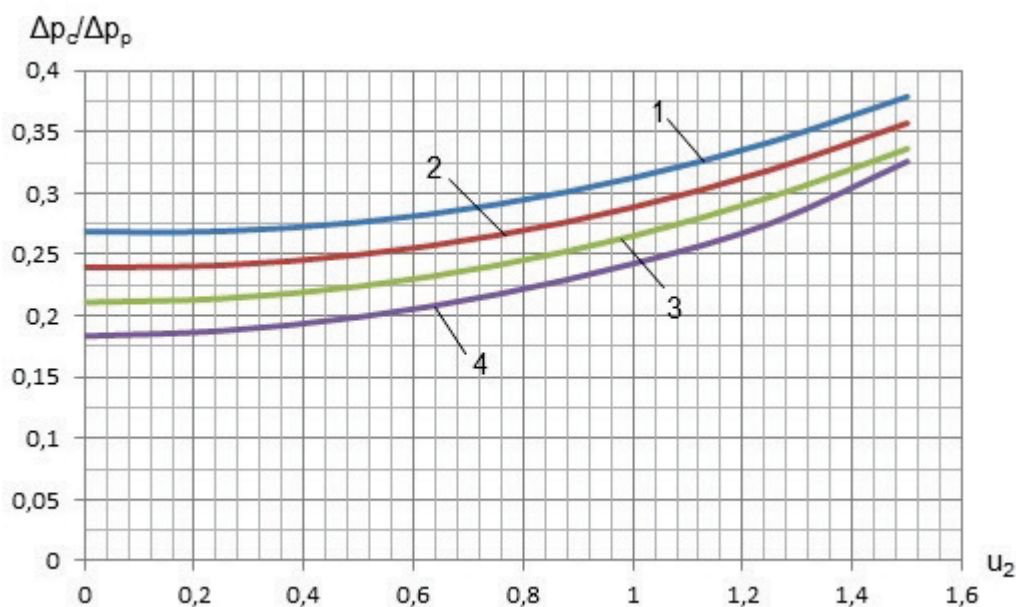
Методика визначення параметрів, що входять у рівняння (8), полягає в тому, що для кожних заданих значень незалежних змінних p_c , u_2 і β_p необхідно знайти таке значення тиску p_{p1} у прийомній камері ежектора, при якому рівняння (8) задовольняється. Це здійснюється у такий спосіб. Задається орієнтовне значення тиску p_{p1} і, користуючись ним, заданими значеннями



незалежних змінних, а також відомими значеннями постійних параметрів обчислюються значення параметрів рівняння (8), а також деяких допоміжних параметрів, що не входять у рівняння (8) за певними формулами у такій послідовності: ρ_p , p_p , ρ_{p1} , p_2 , ρ_{in2} , w_{p1} , β_{p1} , ρ_{in} , w_{in} , p_3 , ρ_3 , w_3 , ρ_c і w_c . Отримані значення обчислених параметрів, постійних і незалежно змінних параметрів підставляються у рівняння (8). Якщо воно не задовольняється, то вибирається нове значення тиску p_{p1} , тобто рівняння (8) необхідно розв'язати одним із числових методів [7].

З метою реалізації вказаної методики була розроблена комп'ютерна програма ENN. У цій програмі тиск на виході ежектора p_c змінювався у діапазоні 0,26...0,62 МПа з кроком 0,04 МПа, коефіцієнт інжекції – від 0 до 1,5 з кроком 0,25, а для об'ємного витратного газовмісту потоку перед ежектором β_p приймалися значення 0; 0,1; 0,2 і 0,3. Обчислення виконано для двох різних значень площі отвору, через який інжектований газ потрапляє у прийомну камеру ежектора, а саме, для $f_{in} = 0,126 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$ і $0,785 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$, що відповідають діаметрам отворів $d_{in} = 4 \text{ мм}$ і 10 мм .

Деякі із результатів обчислень представлені у вигляді графіків на рис. 2 і 3. На рис. 2 зображена залежність відносного перепаду тиску $\Delta p_c / \Delta p_p$ від коефіцієнта інжекції u_2 на вході в камеру змішування при різних витратних газовмістах β_p робочого потоку для випадку, коли діаметр отвору для інжектованого газу $d_{in} = 4 \text{ мм}$.



1 – $\beta_p = 0$; 2 – $\beta_p = 0,1$; 3 – $\beta_p = 0,2$; 4 – $\beta_p = 0,3$; $f_{in} = 0,126 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$

Рисунок 2 – Залежність безрозмірного відносного перепаду тиску від коефіцієнта інжекції при тиску на виході ежектора $p_c = 0,34 \text{ МПа}$

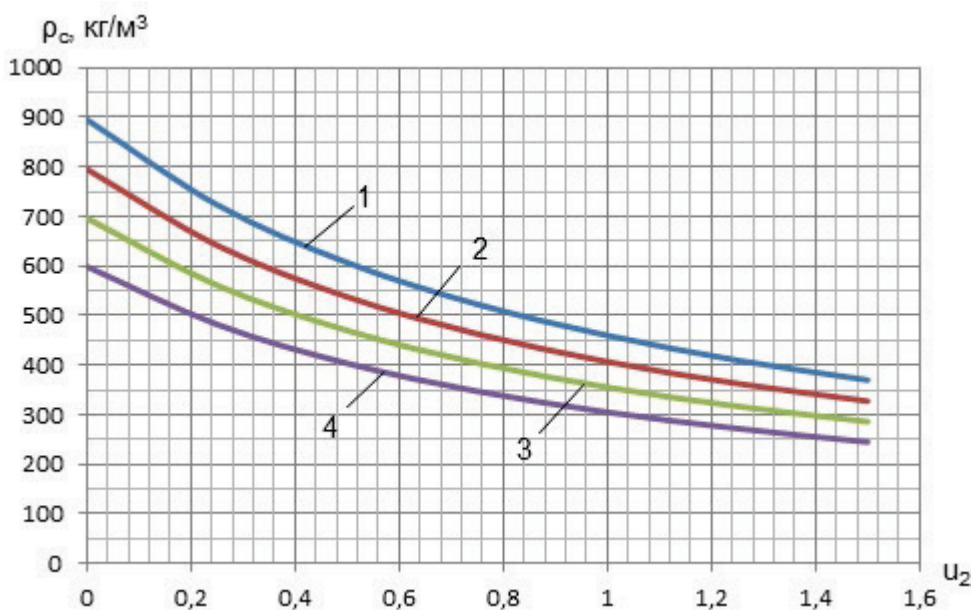
Як видно із рис. 2 при збільшенні β_p відносний перепад тиску



зменшується, а збільшення коефіцієнта інжекції u_2 викликає збільшення відносного перепаду тиску. Це явище має своє пояснення: при збільшенні коефіцієнта інжекції суттєво зростає швидкість w_{in} входу інжектowanego газу в прийомну камеру ежектора у випадку малого отвору d_{in} (у даному випадку $d_{in} = 4$ мм). Наприклад, при $\beta_p = 0,2$, $u_2 = 1,5$, $p_c = 0,34$ МПа швидкість інжектowanego газу $w_{in} = 70,11$ м/с, в той час як швидкість робочого потоку на виході із сопла $w_{p1} = 11,5$ м/с. Тобто, отвір для входу інжектowanego газу служить свого роду другим соплом. Це викликає зменшення тиску p_{p1} у прийомній камері ежектора і тиску p_p перед ежектором. В результаті цього при сталому тиску на виході ежектора зростає величина $\Delta p_c / \Delta p_p$.

Аналогічне дослідження було виконано і для діаметра отвору $d_{in} = 10$ мм. Виявилося, що збільшення діаметра отвору для інжектowanego газу викликає збільшення тиску робочого потоку перед ежектором.

На рис. 3 наведена залежність густини ρ_c змішаного потоку на виході ежектора від коефіцієнта інжекції u_2 при різних β_p , тиску на виході ежектора $p_c = 0,34$ МПа і діаметрі вхідного отвору для інжектowanego газу $d_{in} = 4$ мм. При збільшенні β_p густина змішаного потоку ρ_c зменшується.



1 – $\beta_p = 0$, $\rho_p = 895$ кг/м³; 2 – $\beta_p = 0,1$, $\rho_p = 805,8$ кг/м³; 3 – $\beta_p = 0,2$,
 $\rho_p = 716,6$ кг/м³; 4 – $\beta_p = 0,3$, $\rho_p = 627,5$ кг/м³;

$$f_{in} = 0,126 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 (d_{in} = 4 \text{ мм})$$

Рисунок 3 – Залежність густини газоводонафтової суміші на виході ежектора від коефіцієнта інжекції при тиску $p_c = 0,34$ МПа

Також і збільшення коефіцієнта інжекції u_2 зумовлює зменшення густини ρ_c . Збільшення коефіцієнта інжекції u_2 від 0 до 1,5 призводить до



зменшення густини ρ_c змішаного потоку в 2,418...2,433 рази. Менше значення цього діапазону відповідає меншому значенню витратного газовмісту β_p робочого потоку. Збільшення діаметра вхідного отвору для інжектованого газу не впливає на числове значення густини ρ_c .

Висновки та підсумки.

Вивівши рівняння характеристики низьконапірного ежектора та провівши аналіз одержаних за його допомогою результатів можна зробити наступні висновки:

– за результатами виконаних досліджень встановлено, що збільшення витратного газовмісту β_p робочого потоку перед ежектором зумовлює зменшення відносного перепаду тиску $\Delta p_c / \Delta p_p$ (наприклад, при $u_2 = 0$ і $\beta_p = 0$ величина $\Delta p_c / \Delta p_p = 0,2686$, а при $u_2 = 0$ і $\beta_p = 0,3$ – $\Delta p_c / \Delta p_p = 0,1835$). Збільшення коефіцієнта інжекції u_2 зумовлює зростання перепаду тиску $\Delta p_c / \Delta p_p$. При цьому вказане зростання величини $\Delta p_c / \Delta p_p$ суттєво залежить від діаметра отвору, через який інжектований газ потрапляє у камеру змішування. Збільшення діаметра цього отвору забезпечує менше зростання величини перепаду $\Delta p_c / \Delta p_p$;

– збільшення коефіцієнта інжекції u_2 від 0 до 1,5 призводить до зменшення густини ρ_c змішаного потоку на виході ежектора в 2,418...2,433 рази. Менше значення цього діапазону відповідає меншому значенню витратного газовмісту β_p робочого потоку. Збільшення діаметра вхідного отвору для інжектованого газу не впливає на числове значення густини ρ_c .

Результати проведеного дослідження також були оформлені у вигляді методи обчислення параметрів роботи нафтогазового ежектора при його незалежно змінних параметрах, а саме, тиску на виході ежектора p_c , коефіцієнта інжекції u_2 на вході в камеру змішування і витратному газовмісті β_p робочого потоку перед ежектором, що була затверджена НГВУ «Долинанафтогаз» ПАТ «Укрнафта».

Мета подальшої роботи полягає у реальному експериментальному дослідженні роботи низьконапірного нафтогазового ежектора, встановленого у нафтовій свердловині вище динамічного рівня при її експлуатації УСШН.

Література:

1. Донец К.Г. Утилизация нефтяного газа с помощью насосно-эжекторной установки в НГДУ Кинельнефть / К.Г. Донец, И.И. Рошак, А.В. Городивский // Нефтяное хозяйство. – 1978. – №7. – С. 42-44.
2. Мищенко И.Т. Струйные насосы для добычи нефти / И.Т. Мищенко, Х.Х. Гумерский, В.П. Марьенко. – М.: Нефть и газ, 1996. – 150 с.
3. Дроздов А.Н. Применение насосно-эжекторных систем «Тандем» на нефтяных месторождениях Российской федерации / А.Н. Дроздов,



В.С. Вербицкий, А.В. Деньгаев и др. // Нефтепромысловое дело. – 2004. – №3. – С. 31-38.

4. Пат. 105135 Україна, МПК F04В 47/02. Свердловинний ежектор / О.В. Паневник, О.Я. Дубей, І.Я. Яремко, М.М. Лях. – № а 2013 07030; заявл. 04.06.13; опубл. 10.04.14 Бюл. №7.

5. Соколов Е.Я. Струйные аппараты / Е.Я. Соколов, Н.М. Зингер. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 352 с.

6. Дубей О.Я. Рівняння високонапірного нафтогазового ежектора / О.Я. Дубей // Научные ответы на вызовы современности: техника и технологии. В 2 книгах. К 2.: монография. – Одесса: КУПРИЕНКО СВ, 2016. – С. 114-128.

7. Дубей О.Я. Підвищення ефективності установок свердловинних штангових насосів шляхом застосування нафтогазових ежекторів. Спец. 05.05.12 – Машина нафтової та газової промисловості: Дис... на здоб. н. с. к. т. н. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2017. – 218 с.

Abstract. *The article is about improving operation efficiency of the oil extraction equipment, including sucker rod pump units, by using oil-gas jets.*

Using of the tandem setup that consists of electric submersible pump and jet pump during the process of oil extraction showed their high efficiency while operating wells both in normal conditions and in cases of various adversities. Due to this, in recent years it was proposed to use jet devices (jets) in oil wells operated with sucker rod pumps, when installed above the dynamic head of the well. These jets will absorb gas from the annulus to facilitate the rising of well's production to the surface.

In order to implement oil-gas jets, placed above the flowing level in oil wells that are operated by sucker rod pumps we should firstly know the distribution of the working parameters inside these jets. Assuming that work and mixed flows inside of a jet are homogeneous, basic equation of the low-pressure oil-gas jets was obtained. We also developed an approved technique of using these equations for practical calculations.

As unrelated variables among the working parameters of the jet we took pressure at the outlet of the jet, the injection efficiency at the inlet of the mixing chamber and the volumetric consumption gas content of the work flow in front of the jet. When using the obtained basic equation of the oil-gas jets and implementing unrelated variables in it we received numerous unknown working parameters of jets and magnitudes of the necessary well figures. That became possible because of the developed calculating sequence of determining unknown values.

Using the developed method for calculating necessary parameters of jets we also created a computer program that was able to calculate the pressure, velocity and densities of work, inject and mixed flows in the control cross-sections of the jet. According to the results of the performed calculations certain regularities were established. In particular, the effect of the injection efficiency on the density of the mixed flow at the jets outlet when compared with the density of the work flow in front of the jet.

Key words: *oil-gas jet, jet's work flow, inject flow, injection efficiency.*

References:

1. Donets K.H., Roshak I.I. & Gorodivskiy A.V. (1978). Utilizatsiya neftyanogo gaza s pomoshchyu nasosno-ezhektornoy ustanovki v NGDU Kinelneft in *Neftyanoye khozyaystvo*, issue7, pp. 42-44.

2. Mishchenko I.T., Gumerskiy Kh.Kh. & Maryenko V.P. (1996). Struynnye nasosy dlya dobychi nefti in *Neft i gaz*, 150 p.

3. Drozdov A.N., Verbitskiy V.S., Dengayev A.V. & others (2004). Primeneniye nasosno-



ezhektornykh sistem «Tandem» na neftyanykh mestorozhdeniyakh Rossiyskoy federatsii in *Neftepromyslovoye delo*, issue 3, pp. 31-38.

4. Panevnyk O.V., Dubei O.Ya., Yaremko I.Ya. & Liakh M.M. Patent of Ukraine # 105135 MPK F04B 47/02. Sverdlovynnyi ezhektor. Published in the patents database on 10.04.14, issue 7.

5. Sokolov E.Ya. & Zinger N.M. (1989). Struynnye apparaty in *Energoatomizdat*, 352 p.

6. Dubey O.Ya. (2016). Rivniannia vysokonapirnoho naftohazovoho ezhektora in *Nauchnyye otvety na vyzovy sovremennosti: tekhnika i tekhnologii*, vol. 2, pp. 114-128.

7. Dubei O.Ya. (2017). Pidvyshchennia efektyvnosti ustanovok sverdlovynnykh shtanhovykh nasosiv shliakhom zastosuvannia naftohazovykh ezhektoriv. Thesis on specialty Machines for oil and gas industry for receiving a Ph.D. degree, Ivano-Frankivsk, IFNTUOG, 218 p.

Статья отправлена: 21.11.2017 г.

© Дубей О.Я., Паневник О.В.



УДК 621.914.1

APPLYING OF SEVERAL FACE MILLS IN COMPOSITE MILLING HEADS**ПРИМЕНЕНИЕ НЕСКОЛЬКИХ ТОРЦОВЫХ ФРЕЗ В АГРЕГАТНЫХ ФРЕЗЕРНЫХ ГОЛОВКАХ****Kushnirov P.V. / Кушниров П.В.***c.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.*

ORCID: 0000-0001-5894-538X

Stupin B.A. / Ступин Б.А.*c.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.**Sumy State University, Sumy, 2, Rymskogo-Korsakova st., 40007**Сумский государственный университет, Сумы, ул. Римского-Корсакова, 2, 40007*

Аннотация. В работе рассматриваются вопросы, связанные с использованием агрегатных фрезерных головок (АФГ) различных конструкций для обработки широких плоских поверхностей. АФГ с двумя, а также с тремя торцовыми фрезами, оси которых расположены в одной плоскости, позволяют получать непрерывную по ширине обработанную поверхность. Конструкции «АФГ-триплет» и «АФГ-квадро» позволяют осуществлять фрезерование плоскостей во взаимно перпендикулярных направлениях.

Ключевые слова: агрегатная фрезерная головка, широкие плоские поверхности, фрезерование, обработка, взаимно перпендикулярные направления, конструкция.

Поиски путей повышения производительности обработки крупногабаритных плоскостей заготовок являются весьма актуальными, поскольку деталей с широкими или протяженными плоскими поверхностями существует достаточно много.

Строгание является малопроизводительным методом обработки, к тому же чистовую поверхность получить здесь весьма проблематично. Более предпочтительным является торцовое фрезерование, хотя и оно не всегда позволяет оптимально производить обработку широких плоскостей деталей. При этом возникает проблема сложности эксплуатации фрез диаметром более 315 мм. А если ширина заготовки больше диаметра торцовой фрезы, то требуется многопроходное фрезерование, дающее погрешности обработки в виде «ступенек-переходов» между соседними проходами.

Возможным путем решения данной проблемы является применение специальных агрегатных фрезерных головок (АФГ), устанавливаемых, например, на продольно-фрезерных станках. Это позволяет обеспечить необходимые высокие скорости резания инструмента (например, оснащенного сверхтвёрдыми материалами) за счет применения индивидуального привода. Штатный шпиндель станка при этом не будет изнашиваться, работая на предельных частотах вращения. Конструктивно такая АФГ может содержать одну фрезу большого диаметра, установленную на подшипниках качения [1]. Более производительными являются схемы АФГ с большим количеством фрез, например, с двумя торцовыми фрезами и с пересекающимися траекториями режущих ножей [2]. Такие АФГ позволяют получать непрерывную по ширине обработанную поверхность при относительном перемещении заготовки и стола



станка в направлении продольной подачи. Более сложным вариантом является конструкция АФГ с поворотной рабочей частью [3].

По такому же принципу можно создавать разновидности конструкций АФГ с еще большим числом фрез. Предложенная в [4] схема АФГ с тремя фрезами, оси которых расположены в одной плоскости, была реализована в конструкции, представленной на рис. 1. Три фрезы диаметром $D_{фр}$, каждая обеспечивают суммарную ширину обработки B в направлении подачи D_s . Усложненный вариант данной АФГ содержит поворотную рабочую часть [5].

Рассмотренные АФГ не всегда осуществляют фрезерование методом, оптимальным по времени обработки. Например, если заготовки содержат взаимно перпендикулярные широкие плоские поверхности, то необходимо производить обработку, меняя позицию заготовки в приспособлении (например, поворачивая на 90°). На это затрачивается дополнительное вспомогательное время, что в итоге снижает производительность обработки [6].

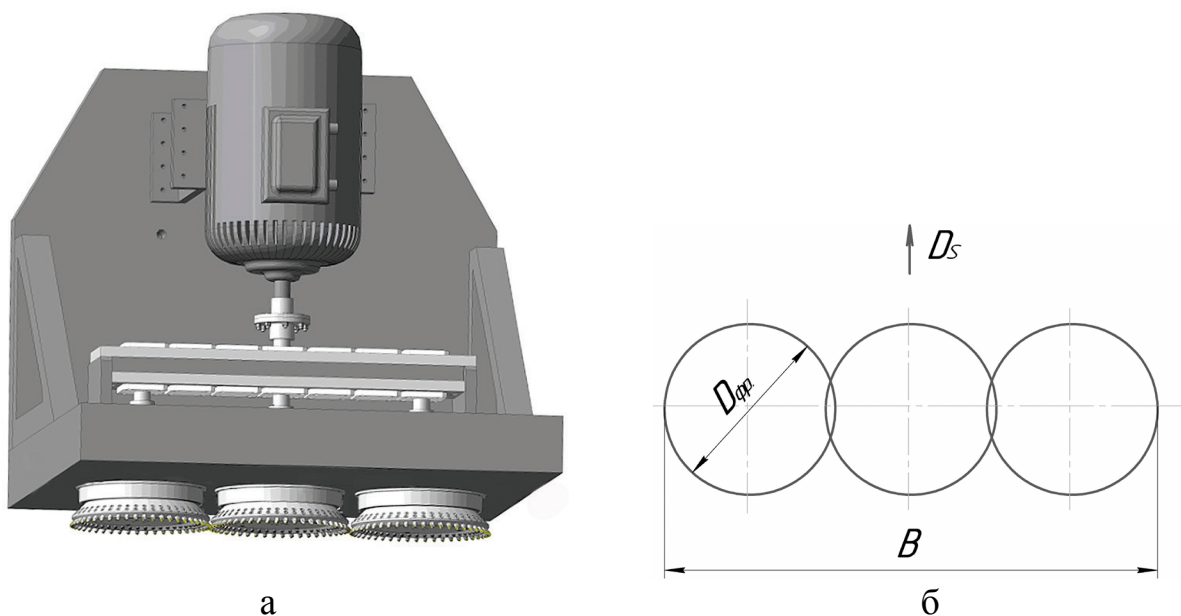


Рис. 1. Агрегатная фрезерная головка с тремя фрезами (а) и ее схема обработки (б)

Для того, чтобы осуществлять фрезерование широких плоскостей в двух взаимно перпендикулярных направлениях не меняя позиции заготовки, предложена конструкция АФГ, содержащая три («АФГ-триплет») или четыре («АФГ-квадро») торцовые фрезы. Отличительной особенностью данных АФГ является взаимно перпендикулярное расположение торцовых фрез. При этом каждая пара соседних фрез установлена таким образом, чтобы обеспечивалось пересечение соответствующих траекторий режущих ножей [7].

Эти АФГ позволяют производить обработку плоских поверхностей заготовок с шириной фрезерования, равной удвоенному диаметру торцевой фрезы за вычетом небольшой величины перекрытия траекторий ножей. Причем «АФГ-квадро» может вести фрезерование при любом относительном перемещении АФГ и заготовки (вперед, назад, влево, вправо). Практически



теми же качествами обладает и «АФГ-триплет», только в одном из перпендикулярных направлений она требует дополнительное перемещения на величину перебега, равную диаметру фрезы.

На рис. 2 представлена схема расположения трех фрез и общий вид трехшпиндельной «АФГ-триплет». Фреза 1 имеет направление вращения D_{r1} , фреза 2 – D_{r2} , фреза 3 – D_{r3} .

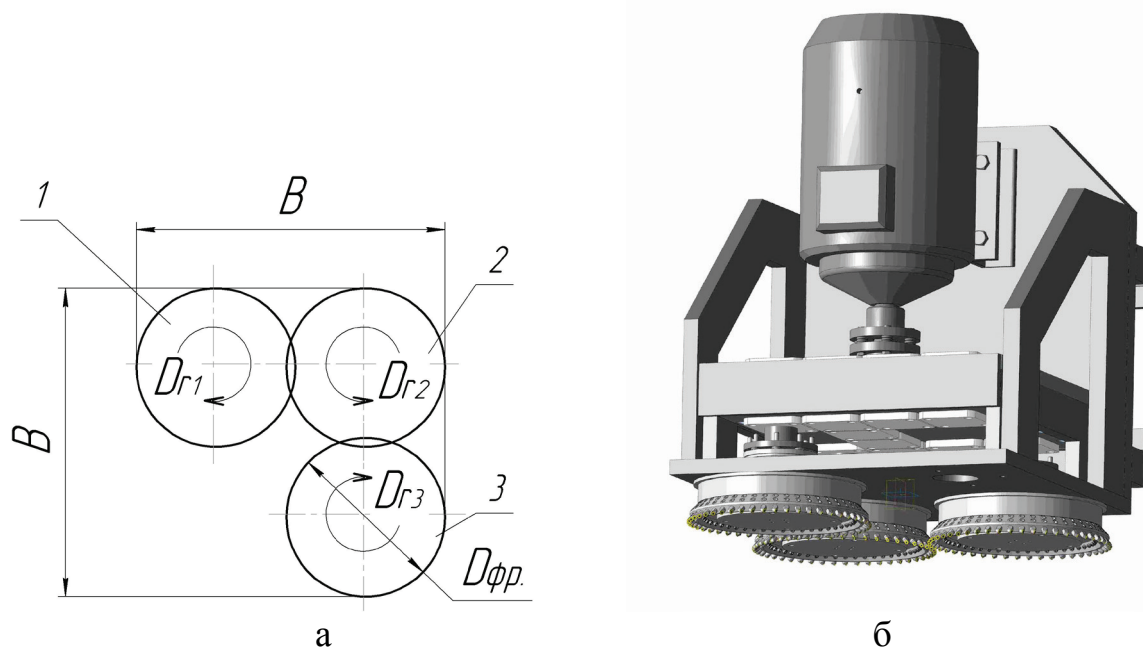


Рис. 2. Схема расположения трех фрез (а) и общий вид трехшпиндельной «АФГ-триплет» (б)

Для обработки заготовки 6 (рис. 3) «АФГ-триплет», обеспечивающая фрезерование шириной B , сначала поступательно движется в направлении подачи D_{s1} по участку I, при этом обработка осуществляется рабочими шпинделями с фрезами 1 и 2 (см. рис. 2). После этого АФГ с направлением подачи D_{s2} осуществляет обработку участка II, где рабочими являются шпинделя с фрезами 2 и 3. Далее АФГ вновь меняет траекторию в направлении подачи D_{s1} и осуществляет обработку участка III, где вновь рабочими являются шпинделя с фрезами 1 и 2.

На рис. 4 представлена схема расположения четырех фрез и общий вид четырехшпиндельной «АФГ-квадро». По сравнению с предыдущей конструкцией здесь добавлена фреза 4, имеющая направление вращения D_{r4} .

Участки I, II, III и IV заготовки 5 (рис. 5) обрабатываются соответственно при движении в направлении подач D_{s1} , D_{s2} , D_{s3} и D_{s4} .

Таким образом, использование рассмотренных конструкций агрегатных фрезерных головок, содержащих две, три или четыре торцовые фрезы, позволяет повысить производительность труда благодаря уменьшению времени обработки широких плоскостей. Кроме того, расширяются технологические возможности АФГ за счет появления возможности осуществлять фрезерование плоских поверхностей во взаимно перпендикулярных направлениях.

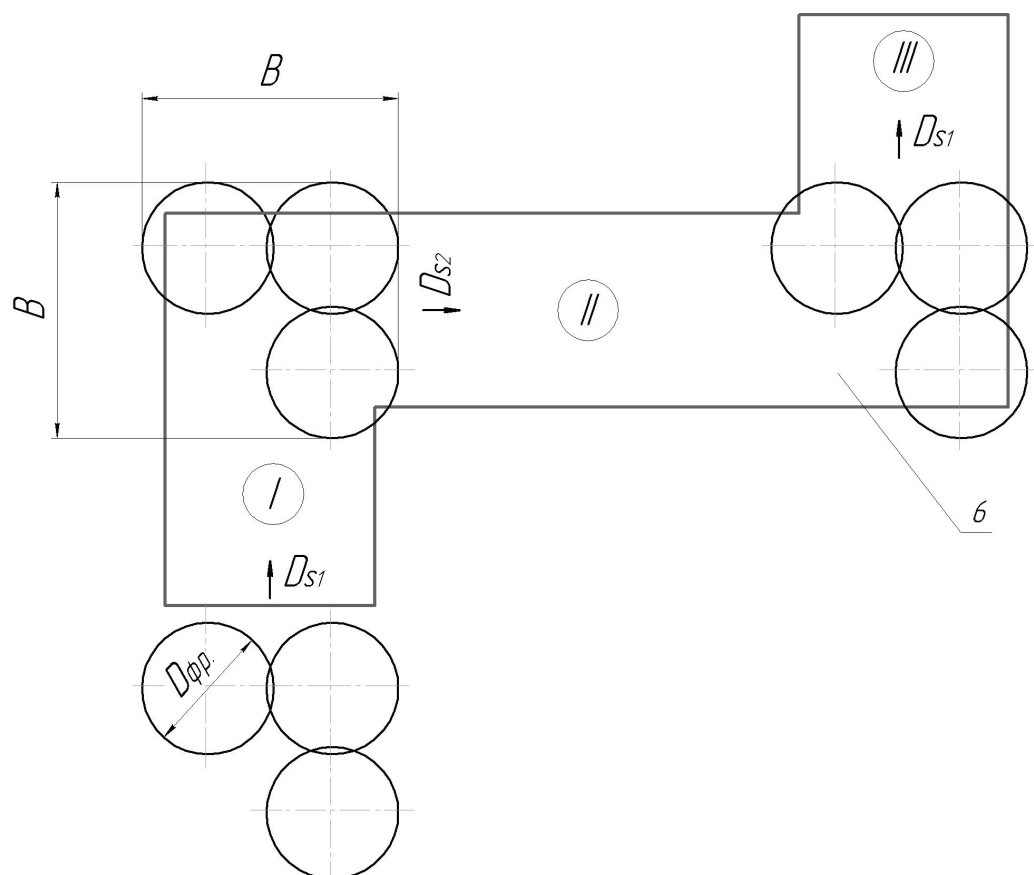
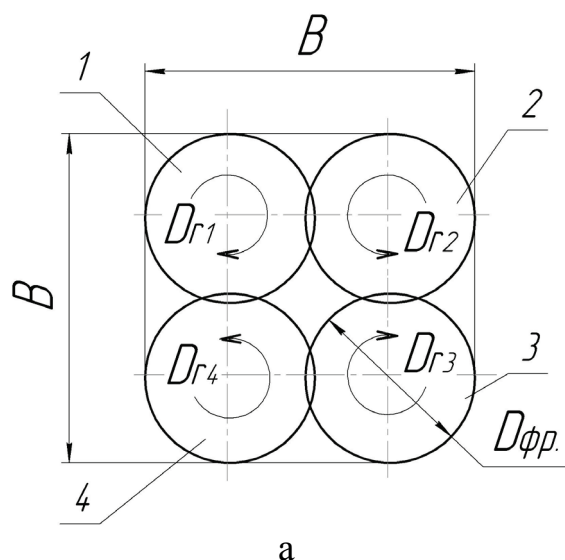
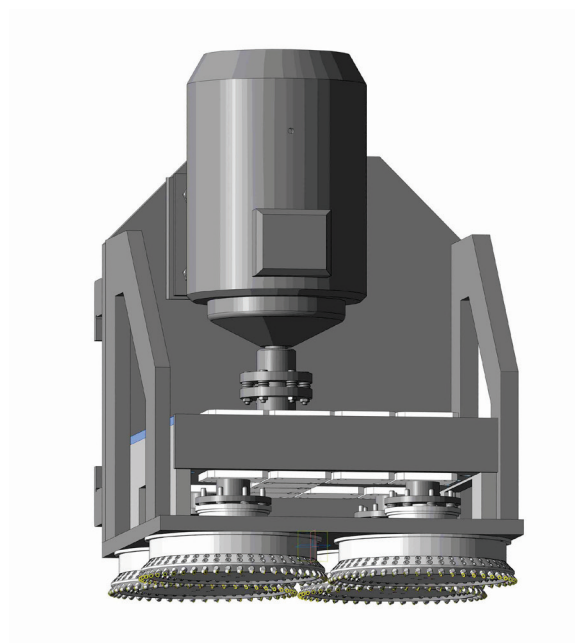


Рис. 3. Пример схемы фрезерования трехшпindleльной «АФГ-триплет»



а



б

Рис. 4. Схема расположения четырех фрез (а) и общий вид четырехшпindleльной «АФГ-квадро» (б)

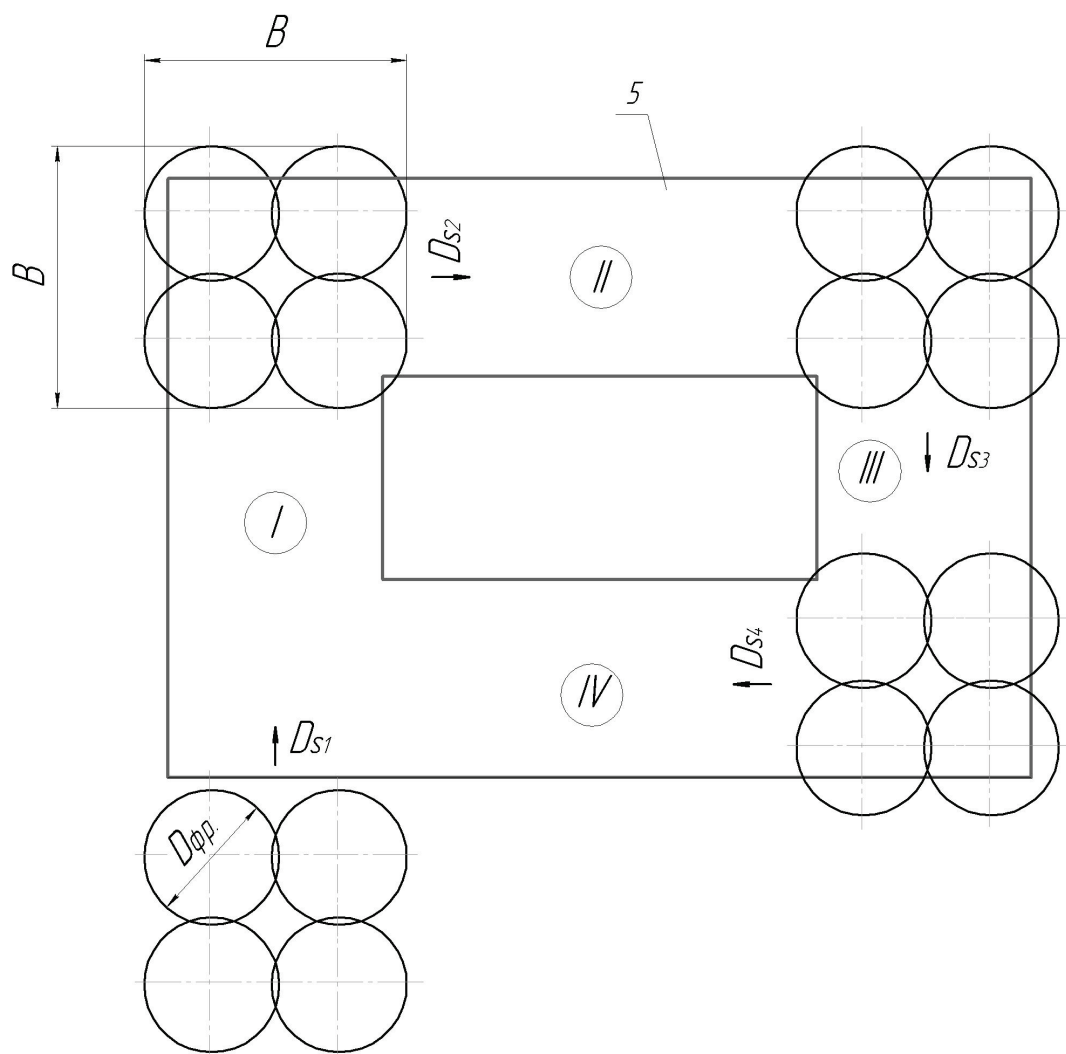


Рис. 5. Пример схемы фрезерования четырехшпindleльной «АФГ-квадро»

Литература:

1. Кушников, П.В. Агрегатные головки для фрезерования широких плоских поверхностей / П.В. Кушников, Н.В. Захаров // СТИН. – 1996. – № 2. – С. 29-31.
2. Кушников, П.В. Агрегатные фрезерные головки с пересекающимися траекториями режущих ножей / П. В. Кушников, Ю. Я. Тарасевич, А.А.Нешта // СТИН. – 2013. – №2. – С. 5 – 9.
3. Гончаренко, И. Ю. Регулируемые агрегатные фрезерные головки / И.Ю.Гончаренко, П. В. Кушников // Прогрессивные технологии и процессы: сборник научных статей 2-й Международной молодежной научно-практической конференции (24-25 сентября 2015 года) / В 3-х т. – Т. 1. – Курск: Юго-Западный государственный ун-т, 2015. – С. 243-245.
4. Kushnirov P.V., Tarasevich Yu.Ya., Neshta A.A. Milling heads with intersecting cutter trajectories / Russian Engineering Research.– September 2013, Vol. 33, No. 9, pp. 528–531. DOI: 10.3103/S1068798X13090098.
5. Думенко, А.П. Усовершенствование конструкций АФГ с регулируемой шириной фрезерования / А.П. Думенко, П.В. Кушников, А.Б. Руденко //



Молодежь и XXI век – 2017: материалы VII Международной молодежной научной конференции (21-22 февраля 2017 года), в 4-х томах, Том 4. – Юго-Западный государственный ун-т. – Курск: ЗАО «Университетская книга», 2017. – С. 97-99.

6. Крайняк, Д.Б. Агрегатные головки для обработки широких взаимно перпендикулярных плоских поверхностей / Д.Б. Крайняк, П.В. Кушников // Сучасні технології в промисловому виробництві : матеріали II Всеукраїнської міжвузівської науково-технічної конференції, м. Суми, 17-20 квітня 2012 р.: у 3-х ч. Ч.1 / Ред.кол.: О.Г. Гусак, В.Г. Євтухов. – Суми : СумДУ, 2012. – С.20.

7. Пат. 106822 U Україна, МПК (2014.01) B23C 1/00 B23C 3/13 (2006.01). Агрегатна фрезерна головка для обробки широких плоских поверхонь у взаємно перпендикулярних напрямках / П.В. Кушніров, Д.Б. Крайняк, Ю.Я.Тарасевич (Україна); заявник та патентовласник Сумський держ. ун-т. – № а201302415; заявл. 26.02.2013; опубл. 10.10.2014, бюл. № 19.

Abstract. The article deals with the issues related to the use of composite milling heads (CMH) of various designs for broad flat surfaces processing. CMH with two and three face mills, whose axes are located in the same plane, allow to obtain a continuous width of the processed surface. The constructions of «CMH-triplet» and «CMH-quadro» allow to mill planes in mutually perpendicular directions.

Key words: composite milling head, broad flat surfaces, face milling, processing, mutually perpendicular directions, design.

References:

1. Kushnirov P.V., Zakharov N.V. (1996). Agregatnyye golovki dlya frezerovaniya shirokikh ploskikh poverkhnostey [Composite milling heads for broad flat surfaces], STIN, No. 2, pp. 29–31.
2. Kushnirov, P.V. (2013). Agregatnyye frezernyye golovki s peresekayushchimisya trayektoriyami rezhushchikh nozhey [Composite milling heads with intersecting cutter trajectories] / P.V. Kushnirov, Yu.Ya. Tarasevich, A.A. Neshta, STIN, No. 2, pp. 5–9.
3. Goncharenko I.Yu., Kushnirov P.V. (2015). Reguliruyemye agregatnyye frezernyye golovki [Adjustable composite milling heads] in *Progressivnyye tekhnologii i protsessy* [Progressive technologies and processes], Kursk, South-Western State University, vol.1, pp. 243–245.
4. Kushnirov P.V., Tarasevich Yu.Ya., Neshta A.A. Milling heads with intersecting cutter trajectories / Russian Engineering Research. – September 2013, Vol. 33, No. 9, pp. 528–531.
DOI: 10.3103/S1068798X13090098
5. Dumenko A.P., Kushnirov P.V., Rudenko A.B. (2017). Uovershenstvovaniye konstruktsiy AFG s reguliruyemoy shirinoi frezerovaniya [Improvement of CMH (Composite Milling Heads) design with adjustable milling width] in *Molodezh' i XXI vek – 2017* [Youth and the 21st Century - 2017], Kursk, South-Western State University, University Book, vol.4, pp. 97–99.
6. Krainyak D.B., Kushnirov P.V. (2012). Agregatnyye golovki dlya obrabotki shirokikh vzaimno perpendikulyarnykh ploskikh poverkhnostey [Composite milling heads for the processing of broad flat surfaces in a mutual perpendicular directions] in *Suchasni tekhnolohiyi v promyslovomu vyrobnytstvi* [Modern technologies in industrial production], Sumy, Sumy State University, No. 1, p. 20.
7. Kushnirov P.V., Krainyak D.B., Tarasevich Yu.Ya (2014). Ahrehatna frezerna holovka dlya obrobky shirokykh ploskykh poverkhon' u vzayemno perpendykulyarnykh napryamkakh [Composite milling head for the processing of broad flat surfaces in a mutual perpendicular directions], Ukrainian patent 106822.

Статья отправлена: 21.11.2017 г.

© Кушников П.В., Ступин Б.А.



УДК 657.4

ANALYSIS OF EFFICIENCY OF THE USE OF NON-MATERIAL ASSETS
АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ НЕМАТЕРІАЛЬНИХ АКТИВІВ**Bozhko V.P. / Божко В.П.***d.t.s., prof. / д.т.н., проф.***Nuzhnova Y.A. / Нужнова Ю.А.***c.s.pub.adm., as.prof. / к.н.держ.упр, доц.***Vlasenko N.I. / Власенко Н.І.***senior teacher / ст. викладач***Huzhva T.V. / Гужва Т.В.***Head of the lab.of the dep. of finance / зав.лаб.каф.фінансів***Demchuk E.V. / Демчук О.В.***Undergraduate / магістрант**National aerospace University the name of N.E. Zhukovsky the «Kharkov aviation institute»,**Kharkov, street of Chkalova 17, 61070**Національний аерокосмічний університет ім. М.С. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», Харків, вул. Чкалова 17, 61070*

Анотація. У статті досліджено ефективність використання нематеріальних активів. Питома вага нематеріальних активів у загальних активах господарчого суб'єкта невинно зростає, що обумовлено розширенням нематеріальної складової, а саме комп'ютерних програм і баз даних, прав на користування об'єктами промислової власності, можливістю провадження певної діяльності та інше.

Звичайно, кінцевий ефект від використання нематеріальних активів виявляється у загальних результатах господарської діяльності через зниження витрат на виробництво, розширення обсягу виробництва і збуту продукції, збільшення прибутку, інших показників, що в цілому покращують фінансовий стан підприємства.

Ключові слова: нематеріальні активи, ефективність, бухгалтерський баланс, економічна ефективність, планування, оптимізація, рівняння регресії.

Вступ.

Відомо, що термін «актив», як елемент бухгалтерського балансу, означає контрольований підприємством ресурс, що дозволить забезпечити йому економічні вигоди у майбутньому. Активи підприємств формуються завдяки інвестованому в них капіталу і характеризуються детермінованою вартістю, продуктивністю та спроможністю генерувати дохід.

Оборот активів в процесі їх використання пов'язаний з факторами часу, ризику та ліквідності.

Нагадаємо, що до активів підприємства відносять основні засоби та нематеріальні активи, виробничі запаси, запаси готової продукції та незавершене виробництво, грошові кошти чи їх еквіваленти, фінансові інвестиції, дебіторську заборгованість, витрати майбутніх періодів. Кожний із видів активів підприємства має грошову оцінку. Класифікація активів приведена на рис. 1.

Відповідно до бухгалтерського визначення – нематеріальні активи – це група активів, які не мають матеріальної форми та використовуються підприємством протягом періоду, більшого від одного року або одного операційного циклу (якщо він перевищує один рік) для виробництва, торгівлі, з



адміністративною метою, чи надання в оренду іншим суб'єктам. Облік нематеріальних активів ведуть щодо кожного суб'єкта [1, 2].



Рис. 1. Класифікація активів

Характеристику нематеріальних активів наведено в табл. 1. Таким чином функціональні особливості нематеріальних активів зводяться до таких понять як «право» та «можливість». Активи, які відносяться до визначення «гудвіл», є похідними і в значній мірі характеризують якість нематеріальних активів, тобто їхню ринкову ціну.

Основний текст.

Економічна ефективність використання нематеріальних активів підприємства охоплює наступні задачі:

- аналіз обсягу та динаміки нематеріальних активів;
- аналіз структури і стану нематеріальних активів за видами, термінами корисного використання і правової захищеності:
- аналіз дохідності нематеріальних активів;
- аналіз ліквідності нематеріальних активів і рівня ризику вкладання капіталу у ці активи та інше.

При проведенні аналізу обсягу та динаміки нематеріальних активів слід за даними балансу підприємства провести трендовий аналіз, тобто розрахувати абсолютні і відносні відхилення щодо постійної та змінної бази. Цей аналіз дозволить дати оцінку стану використання результатів інтелектуальної діяльності.

Оскільки нематеріальні активи неоднорідні за своїми складом та за характером використання і ступенем впливу на фінансовий стан підприємства, зазвичай проводять класифікацію та групування цих активів за джерелами походження, термінами використання, за ступеню ліквідності та напрямками



вибуття і т.д. За результатами цього аналізу встановлюють найбільшу питому вагу відповідного нематеріального активу [3, 4].

При проведенні аналізу структури нематеріальних активів за джерелами походження виділяють їх наступні групи:

- патенти на винаходи;
- зареєстровані ліцензії;
- свідоцтва на корисну модель;
- свідоцтва на промисловий зразок;
- свідоцтва на товарний знак;
- свідоцтва на право користування найменуванням місць походження

товару;

- свідоцтва про офіційну реєстрацію комп'ютерних програм, баз даних, топології мікросхем;
- авторські права, та інше.

Аналіз свідчить, що на цей час середній термін використання результатів інтелектуальної власності складає 5-7 років, тобто це в цілому відповідає вимогам щодо промислових нововведень.

Більше 10-річного терміну мають нематеріальні активи, які стосуються права на використання землі, природних і інших ресурсів. Однак їхня доля в структурі цих активів не перевищує 12-13%, хоча в цілому частка нематеріальних активів для промислових підприємств становить 0,2 – 0,3%.

При аналізі вибуття нематеріальних активів їх причинами можуть бути наступні:

- списання по закінченню терміну служби;
- списання раніше встановленого терміну служби;
- продаж (поступлення) виключних прав;
- безоплатна передача нематеріальних об'єктів.

Втрати від вибуття нематеріальних активів в залежності від причин відносять на чистий або нерозподілений прибуток чи на загальний прибуток, тому треба приділяти значну увагу варіантам з мінімізації втрат від вибуття.

Слід відзначити, що оцінка значущості або важливості нематеріальних активів може бути виконана, як правило, експертним шляхом, оскільки існує безліч факторів, які характеризують виключні особливості цих об'єктів.

До цих факторів у першу чергу слід віднести дорожнечу та несвоєчасність нововведення; неоднозначну винятковість; обмежене коло споживачів; недостатній правовий захист та інше.

Тому експерти використовують в якості основного критерію престижності нематеріальних активів спектр можливого корисного використання їх особливостей на 3-х рівнях: міжнародному, загальнонаціональному, галузевому або регіональному.

Вкладення капіталу у нематеріальні активи за ступенем ліквідності і ризиків оцінюються за трьома категоріями: високоліквідні, обмежено ліквідні, низько ліквідні. Наведена класифікація відносна, адже в цілому вкладення капіталу у нематеріальні активи при оцінці ліквідності майна підприємства



відносять до низько ліквідних, тобто їхня реалізація є нижчою ніж ліквідність основних і оборотних активів. Отже при необґрунтованому збільшенні долі нематеріальних активів структура балансу погіршується, при цьому зменшуються показники поточної ліквідності, уповільнюється оборот основних засобів і всього капіталу підприємства.

Зростання нематеріальних активів неминуче приводить до зменшення величини власного оборотного капіталу, тому погіршуються показники забезпечення підприємства оборотними засобами, Фінансово-експлуатаційні потреби покривають за рахунок запозичених і додаткових джерел. Це в цілому обумовлює фінансову напругу і труднощі в фінансуванні поточної операційної діяльності.

Метою придбання нематеріальних активів є одержання економічного ефекту від їх використання при виробництві продукції, виконанні робіт, надання послуг. В більшості випадків вкладання у нематеріальні активи є фінансування об'єктів промислового застосування – купівля ліцензій на використання технології виготовлення певної продукції, витрати з наданням технічної допомоги та інженерних послуг з проектування і розміщення виробничих потужностей, організації управління технологічними процесами, збуту і обслуговуванню ліцензованих виробів та інше.

Тому кінцевий ефект від використання нематеріальних активів виявляється у загальних результатах господарської діяльності, а саме за рахунок зниження витрат на виробництво, збільшення обсягів збуту продукції, збільшення прибутку, підвищення платоспроможності й стійкості фінансового стану. Виходячи з викладеного, в якості основного принципу управління динамікою нематеріальних активів є формула: темпи зростання віддачі капіталу повинні перевищувати темпи зростання витрат капіталу. Тобто темпи зростання виручки від реалізації продукції або прибутку повинні випереджувати темпи зростання нематеріальних активів.

Як приклад розглянемо фінансово-економічні показники восьми господарюючих суб'єктів що виробляють наукоємну продукцію (табл. 1, [1]).

Для оцінки рівня впливу нематеріальних активів на економічні показники підприємства скористаємося методикою факторного аналізу, який дозволяє формалізувати залежність параметра оптимізації від факторів процесу [5, 6].

Параметром оптимізації будемо вважати величину прибутку, а за фактори процесу використовувати наступні показники: загальна сума активів балансу ($\overline{AB}$); сума нематеріальних активів ($\overline{HMA}$) дохідність (рентабельність) нематеріальних активів ($\overline{D}$).

У таблиці 2 наведені вихідні дані для факторного аналізу, сформовані за даними з табл. 1.

Повний план матриці планування $N = 2^3$ представлено в табл. 3, в якій в останніх чотирьох стовбцях приведені дійсні значення параметра оптимізації.



Таблиця 1

Структура активів балансу, тис грн.

Назва фірми	Загальна сума активів	Сума нематеріальних активів	Частка нематеріальних активів у загальних активах	Дохідність нематеріальних активів	Прибуток (Збиток)
Сиріус	9810	3,4	0,035	394,5	1460
Сатурн	15617	3,4	0,021	29,5	1532
Аерокосм	15320	48	0,31	0	-1016
Авіабуд	29827	61	0,2	0	-1940
Зірка	36361	7,9	0,021	0	-204,3
Альфа	137680	227	0,16	29,6	6728
Космос	169652	78	0,045	65,3	5101
Кристал	254629	42,0	0,046	150	6313

Таблиця 2

Досліджувані фактори в дійсних значеннях

Рівні	Фактори процесу в одиницях виміру		
	$\overline{AB}$	$\overline{HMA}$	$\overline{D}$
Верхній	254629	227	6728
Нижній	9810	3,4	29,5
Основний	132219	115,2	3378,75
Інтервал варіювання	117504	111,8	3349,25
Кодове Значення	X1	X2	X3

Таблиця 3

План матриці планування

Номер точки плану	Кодові значення факторів										
	X_0	X_1	X_2	X_3	$X_1 X_2$	$X_2 X_3$	$X_1 X_2 X_3$	Y_1	Y_2	Y_3	$\bar{Y}$
1	1	-1	-1	-1	-1	1	-1	1460	1360	1410	1410
2	1	1	-1	-1	-1	1	1	1532	1430	1503	1488
3	1	-1	1	-1	-1	1	1	-1016	-1112	-800	-976
4	1	1	1	-1	-1	1	-1	-1940	-1830	-1910	-1893
5	1	-1	-1	1	-1	1	-1	-204,3	-180	-190	-191
6	1	1	1	1	-1	1	-1	6728	6630	6713	6690
7	1	-1	1	1	1	1	-1	5101	4910	4920	4977
8	1	1	1	1	1	1	1	6313	6120	6215	6216

Для оцінювання відхилення параметра оптимізації від середнього значення обчислюється дисперсія відтворюваності S_v^2 за даними паралельних дослідів плану матриці планування в кожній точці за формулою:



$$S_v^2 = \frac{\sum_{j=1}^m (\bar{Y}_v - Y_{v,j})^2}{m-1}, \quad (1)$$

де j – порядковий номер паралельного дослідження;

$\bar{Y}_v$ – середнє арифметичне значення показника параметра оптимізації у m паралельних дослідженнях у точці v_1 .

$Y_{v,j}$ – значення параметр оптимізації у v -й точці.

m – кількість паралельних спостережень у кожній точці плану.

Результати обчислень за формулою (1) приведено в табл. 4

Таблиця 4

Дисперсія відтворюваності

№ п/п	1	2	3	4	5	6	7	8	Сума дисперсій
Дисперсія відтворюваності S_v^2	5636	13993	51072	6467	270	5843	23114	11626	118021

Перевірка гіпотези однорідності дисперсій здійснюється за критерієм Кохрена G [6]:

$$G = \frac{S_v^2 \max}{\sum^N S_v^2} = \frac{23114}{118021} = 0,195. \quad (2)$$

Оскільки критичне значення критерію Кохрена $G_{кр}$ для числа дослідів $N=8$ дорівнює 0,52 (Додаток А, [6]), тобто $G < G_{кр}$, то гіпотеза про однорідність дисперсій приймається. При цьому дисперсія параметра оптимізації обчислюється за формулою:

$$S^2 \{Y\} = \frac{\sum^N S_v^2}{N}, \quad (3)$$

де $\sum^N S_v^2$ – сума всіх дисперсій;

N – загальна кількість точок у плані матриці.

Рівняння регресії, що відображає досліджуваний процес, має вигляд:

$$Y = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3 + b_4 X_1 X_2 + b_5 X_1 X_3 + b_6 X_2 X_3 + b_7 X_1 X_2 X_3, \quad (4)$$

Коефіцієнти регресії для рівняння (4) обчислюються за формулою:

$$b_j = \frac{\sum^N X_{j,v} \bar{Y}_v}{N}, \quad (5)$$

де $X_{j,v}$ – номер фактору в кодових значеннях в плані матриці;

$\bar{Y}_v$ – середнє арифметичне значення параметру оптимізації за m дослідженнями у точці плану;



N – загальна кількість точок у плані.

Розраховані коефіцієнти регресії приведені у табл. 5.

Таблиця 5

Значення коефіцієнтів регресії

№ п/п	1	2	3	4	5	6	7	8
b_j	2215	1122	185	5783	-829	1363	1307	-581

Перевірка значущості коефіцієнтів регресії здійснювалася за допомогою критерію Стюдента (Додаток Б, [6]). За цим критерієм значущими виявилися коефіцієнти b_0, b_1, b_2, b_4 , тобто рівняння регресії з кодовим значеннями факторів має вигляд:

$$Y = 2215 + 1122X_1 + 185X_2 - 829 X_1X_2. \quad (6)$$

Аналіз рівняння (6) свідчить, що найбільш важливою складовою для формування прибутку є величина активів балансу, менш важливою є величина нематеріальних активів і практично не впливає на рентабельність нематеріальних активів.

Висновки.

Було розглянуто аналіз ефективності використання нематеріальних активів.

Означений висновок і одержане рівняння регресії стосується конкретного суб'єкта господарювання і не може розглядатися як універсальний засіб планування прибутку з урахуванням впливу нематеріальних активів.

Разом з тим представлений матеріал може слугувати певним кроком у розробці актуальної тематики, оскільки відомо, що величина і значущість нематеріальних активів невинно зростають.

Література:

1. Финансовый анализ / Л.Г. Рева, А.Н. Цепляев, Ю.Б. Рабынина. – Учеб. пособие по выполнению курсовой работы для студентов факультета заочного обучения. – Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2003 – 98.
2. Измайлова К.В. Финансовый анализ: Навч. посібник. – К.: МАУП, 2000 – 152 с.
3. Банасько Т.М. Економічний аналіз використання нематеріальних активів: значення та методика здійснення. – вісник Житомирського державного технічного університету, № 4(50), с 6 – 11.
4. Польова Т.В., Дубовець М.М. Аналіз ефективності використання нематеріальних активів на прикладі ВАТ «Савинський цукровий завод» - Харків, ХДУХТ, 2010 – с. 91 – 96.
5. Успенко В.І., Божко В.П., Омельченко О.Л., Магомедова М.М., Карацева Н.З. Фінансове обґрунтування рівня міжнародної економічної інтеграції: Навчальний посібник. – Х.: ХНУБА. 2016 – 32 с.



6. Методика планування і математичного оброблення факторних експериментів у фінансово-економічних задачах: навч. посіб. до дипл. та курс проектування/ В.П. Божко, Г.С. Сінько, І.Ю. Карацева. – Х.: Нац. аерокосм. ун-т ім. М.Є. Жуковського «Харьк. авиац. ин-т», 2011 – 52 с.

Abstract. *The article analyzes the efficiency of using intangible assets. The share of intangible assets in the total assets of an economic entity is constantly increasing, due to the expansion of the intangible component, namely, computer programs and databases, rights to use industrial property objects, the possibility of conducting certain activities, and so on.*

Of course, the final effect of the use of intangible assets is reflected in the overall results of economic activity because of lower costs for production, expansion of production volume of its sales, increase in profits, other indicators, which in general improve the financial condition of the enterprise.

Key words: *intangible assets, efficiency, balance sheet, economic efficiency, planning, optimization, regression equation.*

References:

1. Financial analysis / L.G. Rev, A.N. Tsepilyaeva Yu.B. Slavery – The study. Handbook for the completion of course work for students of the faculty of correspondence. – Kharkov: National aerospace un-t «Kharkiv. aviation in-t», 2003 - 98.
2. Izmailova K.V. Financial Analysis: Study. allowance – K.: MAUP, 2000 – 152 p.
3. Banashko T.M. Economic Analysis of the Use of Intangible Assets: Value and Implementation Technique. – the bulletin of the Zhytomyr State Technical University, No. 4 (50), from 6 - 11.
4. Field T.V., Dubovets MM Analysis of the efficiency of the use of intangible assets by the example of OJSC «Savinsky Sugar Plant» - Kharkov, KhGUPT, 2010 – p. 91 - 96.
5. Uspalenko V.I., Bozhko V.P., Omelchenko EL, Magomedova M.M, Karatseva N.Z. Financial justification for the level of international economic integration: A manual. - M.: KNOW. 2016 - 32 p.
6. Methodology of planning and mathematical processing of factor experiments in financial and economic problems: study. allowance to diploma and course of designing / V.P. Bozhko, S. Sinko, I.Yu. Karatseva - M.: Nat. aerospace Un-t them. M.E. Zhukovsky «Kharkov. aviation In-t», 2011 – 52 p.

Стаття відправлена: 26.11.2017 р.

© Нужнова Ю.А.



УДК 626.87

**OPTIMIZATION OF WATER SURFACE MODE
IN MILLIONED LAND WITH DEVELOPED MICRORELIEF
ОПТИМІЗАЦІЯ ВОДНОГО РЕЖИМУ ҐРУНТІВ
НА МЕЛІОРОВАНИХ ЗЕМЛЯХ З РОЗВИНЕНИМ МІКРОРЕЛЬЄФОМ**

Mozol N.V. / Мозоль Н.В.*Institute of water problems and land reclamation NAAS Kyiv, str. Vasylkivska 37, 03022**Інститут водних проблем і меліорації НААН Київ, вул. Васильківська 37, 03022*

Анотація. В роботі показані результати досліджень оптимізації процесів регулювання водного режиму ґрунтів на територіях з розвиненим мікрорельєфом за допомогою модульних дренажних систем. Встановлено, що впровадження даних систем забезпечує оптимальний водний режим ґрунтів відповідно до вимог вирощуваних культур незалежно від геоморфологічних умов.

Ключові слова: меліоративна дренажна система, розвинений мікрорельєф, регулювальна мережа

Вступ.

Площа меліорованих земель зони періодичного перезволоження України становить 3,3 млн. га, з них понад 1,0 млн. га характеризуються несприятливим меліоративним станом для ведення аграрного виробництва [1]. Сучасний технічний стан систем, антропогенне навантаження на меліоровані агроландшафти, особливо агротехнічні та агромеліоративні заходи, спричиняють негативні процеси зміни стану поверхні та структури ґрунту, його ущільнення та просідання, періодичне перезволоження, тощо[2].

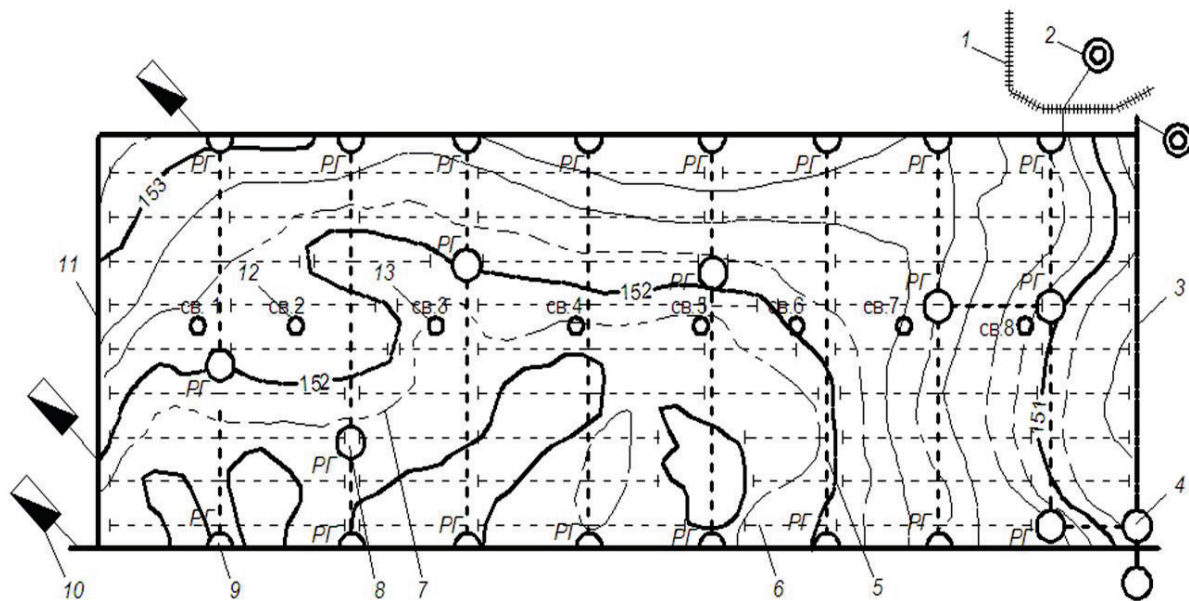
Метою досліджень є удосконалення технологій та обґрунтування технічних засобів управління водним режимом осушуваних ґрунтів на меліоративних системах для раціонального використання водних і земельних ресурсів меліорованих земель у складних геоморфологічних та гідрогеологічних умовах гумідної зони України.

Зазвичай, типова схема водорозподілу передбачає подачу води на зволоження по одній і тій же колекторно-дренажній мережі лише у зворотному напрямку [3]. Зрозуміло, що спочатку звожуються понижені ділянки території, потім – підвищені. Вищезазначене призводить до того, що на землях з розвиненим мікрорельєфом підвищення зазвичай знаходяться в переосушеному стані, пониження навпаки – в перезволоженому. Намагання оптимізації водного режиму активного шару меліорованих ґрунтів на вказаних територіях за допомогою традиційних конструкцій меліоративних систем спричиняють ряд побічних проблем, основними з яких є: вторинне заболочення понижень рельєфу, зміна строків проведення агромеліоративних робіт сільськогосподарською технікою, нерівномірність дозрівання та врожайності на території масиву, активний винос разом із водою поживних речовин та засобів боротьби з хворобами рослин, шкідниками, бур'янами тощо[4].



Польові дослідження проводили з метою встановлення особливостей регулювання водного режиму ґрунтів на вибраних ділянках характерних меліоративних систем Полісся України. Основним показником ефективності роботи вдосконаленої дренажно-колекторної мережі прийнята інтенсивність та рівномірність зниження рівня ґрунтових і поверхневих вод при осушенні, оперативність забезпечення оптимального водного режиму ґрунтів при проведенні підґрунтового зволоження. У процесі проведення досліджень були модернізовані дослідні ділянки систем (гідротехнічні споруди, колодязі, гирла та ін.).

Результати досліджень. Для підвищення рівня інтенсифікації сільськогосподарського виробництва та раціонального використання водно-земельних ресурсів запропонована універсальна регулююча схема мережі типової меліоративної системи, яка відповідає вимогам оперативності регулювання водного режиму по всій території незалежно від геоморфологічних умов (рис. 1). Особливістю такої схеми для територій з розвиненим мікрорельєфом є розміщення регулюючої та транспортувальної мережі так, щоб на кожній ділянці окремо можна було регулювати рівень ґрунтових вод.



1 – дамба обвалування, 2 – водовипускна споруда; 3 – зволожувальний канал; 4 – колодязь із запірною арматурою; 5 – осушувально-зволожувальний колектор; 6 – дрена; 7 – горизонталь поверхні землі; 8 – колодязь з гідрорегулятором РГВ; 9 – гирло з регулятором РГВ; 10 – шлюз-регулятор; 11 – провідний канал; 12 – спостережні свердловини, 13 – контроль

Рис. 1 Конструктивна схема регулюючої мережі типової дренажної меліоративної системи

З метою забезпечення оптимального водного режиму ділянка системи розбита на окремі модулі, при цьому максимальне відхилення позначок даної поверхні ділянки не перевищує величину допустимого відхилення від рекомендованої норми осушення. Транспортуюча мережа запроектована



роздільною для осушувальної і зволожувальної частини системи. Дренажні колектори, які виконують функції осушувачів-зволожувачів окремих ділянок, відповідно приєднані до зволожувальної та осушувальної частин каналу трасою з найменшими перепадами позначок землі у витокі і гирлі. Величина перепаду, у цьому випадку, не перевищує подвійної величини допустимого відхилення від норми осушення для вирощуваних багаторічних трав (0,3...0,5 м). При більших перепадах влаштовані колодязі з гідрорегуляторами. Універсальний гідрорегулятор двосторонньої дії встановлюється в проміжних колодязях та забезпечує неперервне автоматичне регулювання заданих рівнів ґрунтових вод.

Регулювання рівня ґрунтових вод на ділянці окремого модуля системи відбувається наступним чином: після скиду дренажних вод зимово-весняного періоду гідрорегулятор переводиться у режим роботи для отримання заданого рівня. Відтоді відбувається акумуляція дренажного стоку підконтрольної ділянки. Проводяться спостереження за динамікою рівня води на зарегульованій та на контрольній ділянці без додаткового зволоження.

Висновки.

Результати експериментальних досліджень, проведених на меліорованих землях, ускладнених безстічними западинами, довели ефективність застосування запропонованих модульних систем, які дозволяють оперативно регулювати водний режим ґрунтів.

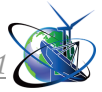
Запропоновані конструктивно-технологічні заходи, які базуються на акумуляції місцевого стоку, забезпечили оптимальний водний режим осушуваних ґрунтів на рівні 0,55...0,85 м в посушливих умовах періоду вегетації 2016 р.

Література:

1. Концепція ефективного використання осушуваних земель гумідної зони України (наукові засади) / Ромащенко М.І., Тараріко Ю.О., Яцик М.В. [та ін.]; ІВПіМ НААН, ННЦ «Ін-т землеробства» НААН, ННЦ «ІГА ім. Соколовського» НААН та ін. – К.: ЦП «Компринт», 2015. – 22 с.
2. Екологічний стан ґрунтів України / С.А. Балюк, В.В. Медведєв, М.М. Мірошніченко, [та ін.] // Український географічний журнал. - 2012, № 2. – С. 38-42.
3. Костяков А. Н. Основы мелиорации / А.Н. Костяков – М.: Сельхозгиздат. – 1960. – 622 с.
4. Проектування та експлуатація осушувально-зволожувальних систем на землях з пересічним рельєфом / П.І. Гаць, В.В. Єпик, В.Б. Комар [та ін.] – Рівне: УПВГ. – 1994. – 104 с.

Abstract. The results of studies of the regulation of the water regime of soils on the territories with difficult terrain using advanced modular systems. It is established that introduction of the offered system ensures optimal water regime of soils in accordance with the requirements of the crops they grow, regardless of the geomorphological conditions.

Keywords: reclamation drainage system, developed microrelief, regulatory network



References:

1. The concept of efficient use of drained lands of the humid zone of Ukraine (scientific bases) / Romaschchenko M.I, Tarariko Y.O., Jatsyk M.V. [etc.]; IWPiM NAAS, NSC "Institute of Agriculture" NAAS, NSC "IGA them. Sokolovsky NAAS and others. - K.:CP "Komprint", 2015. - 22 p.
2. Ecological state of soils of Ukraine / S.A. Balyuk, V.V Medvedev, M.M. Miroshnichenko, [and others.] // Ukrainian Geographic Journal. - 2012, No. 2. - pp. 38-42.
3. Kostyakov A.N. Basics of melioration / A.N. Kostyakov - M.:Selhonzgizdat. - 1960. - 622 p.
4. Design and operation of drainage and humidifying systems on lands with average relief / P.I. Gats, V.V. Epic, V.B. Komar [and others] - Rivne:UPIVH. - 1994. - 104 p.

Стаття підготовлена в рамках Програми ПНД НААН 05 «Наукові основи та технології сталого використання водних ресурсів і меліорованих земель»

Стаття відправлена: 15.11.2017 г.

© Мозоль Н.В.



УДК 629.7.01

THE CLASSIFICATION OF THE CERTAIN TYPES OF THE UNMANNED AERIAL VEHICLES**КЛАСИФІКАЦІЯ ВІДОМИХ ВИДІВ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ****Knysh B.P. / Книш Б.П.***k.t.s. / к.т.н.***Brovko P.V. / Бровко П.В.***appl. of educ.l. «Bachelor» / зд.осв.р. «бакалавр»***Popil D.S. / Попіль Д.С.***appl. of educ.l. «Bachelor» / зд.осв.р. «бакалавр»**Vinnitsia National Technical University, Vinnitsia, Khmelnytsky highway, 95, 21000**Вінницький національний технічний університет, Вінниця, Хмельницьке шосе 95, 21000*

Анотація. В роботі розглянуто основні види безпілотних літальних апаратів та ознаки, по яких вони класифікуються, а саме – за масштабом завдань, що вирішуються, за масою, за тривалістю польоту, за практичною стелею польоту, за типом літального апарату, за базуванням, за використанням, за типом системи керування, за правилами польоту, за типом крила, за напрямком, за типом, за паливною системою, за типом паливного бака, за кількістю використань, за радіусом дії. На основі проведеного аналізу запропоновано класифікацію безпілотних літальних апаратів за різними критеріями та завданнями, які на них покладаються.

Ключові слова: авіація, безпілотні літальні апарати, класифікація, технологічність.

Вступ.

Стрімкий розвиток техніки та нові технології значно розширюють можливості сучасного життя людини. Безпілотні літальні апарати (БПЛА) не є виключенням.

На сьогодні дана технологія застосовується в багатьох сферах діяльності та має надзвичайно великі перспективи для інших напрямків. Серед останніх новинок варто згадати наступні.

DelivAir розробила дронів-кур'єрів, що доставляють посилки прямо в руки

Американська компанія Amazon отримала патент на безпілотний літаючий дрон, призначений для підзарядки електромобілів на ходу.

Американський стартап Matternet запускає в Швейцарії автономну систему доставки на основі дронів

Ця різноманітність зумовлена тим, що БПЛА дуже технологічні, що пояснює їх широке використання. Ця технологічність характеризується певними ознаками, які визначають види БПЛА, причому збільшення сфер їх використання породжує збільшення кількості їх класифікаційних ознак. Сучасні класифікації не є достатньо повними, оскільки не розглядають весь масив видів БПЛА, які існують на сьогодні, в зв'язку з динамічним розвитком цієї технології. Тому метою роботи є аналіз відомих видів БПЛА та їх класифікація, в якій інтегровані всі відомі на сьогодні ознаки даних літальних апаратів.

Основний текст.

БПЛА являють собою пристрої, управління якими здійснюється без екіпажу [2]. Основними складовими БПЛА є: повітряна платформа зі



спеціальною системою посадки, силова установка, джерело живлення для неї, система електроживлення, бортове радіоелектронне обладнання (бортове обладнання управління та електронні елементи цільового навантаження). Бортове обладнання складається з бортової електронно-обчислювальної машини або спеціальних процесорів, приймача сигналів радіонавігаційної системи, висотоміра, гіровертикалі, бортової системи зв'язку та передачі даних, рульової машинки [3].

Для практичного застосування та розробки БПЛА важливим є дослідження питання їх класифікації. Основними класифікаційними ознаками є: за масштабом завдань, що вирішуються, за масою, за тривалістю польоту, за практичною стелею польоту, за типом літального апарату, за базуванням, за використанням, за типом системи керування, за правилами польоту, за типом крила, за напрямком, за типом, за паливною системою, за типом паливного бака, за кількістю використань та за радіусом дії. Класифікація відомих БПЛА наведена в табл. 1.

Таблиця 1

Класифікація безпілотних літальних апаратів

Ознака	Види
За масштабом завдань, що вирішуються	• Тактичні • Оперативно-тактичні • Оперативно-стратегічні
За масою	• Малорозмірні • Середньорозмірні • Великорозмірні • Важкі
За тривалістю польоту	• Малої тривалості • Середньої тривалості • Великої тривалості
За практичною стелею польоту	• Маловисокі • Середньовисокі • Висотні • Стратосферні
За типом літального апарату	• За літаковою аеродинамічною схемою • За гелікоптерною аеродинамічною схемою • Легші за повітря
За базуванням	• Наземні • Морські • Космічні
За використанням	• Військові • Цивільні (державні, приватні, комерційні) • Антитерористичні
За типом системи керування	• Дистанційно пілотовані • Дистанційно керовані



	• Автоматичні • Дистанційно керовані авіаційною системою
За правилами польоту	• Візуальні • Приладові • Візуально-приладові
За типом крила	• Фіксовані • Плаваючі
За напрямком	• За напрямком підйому (горизонтальні, вертикальні, мультипідйомні) • За напрямком посадки (горизонтальні, вертикальні, парашутні, мачтові, безпосадкові, мультиспускові)
За типом	• За підйомом (аеродромні, запускні, палубні, водні, ручні, нетипово підйомні, мультипідйомні) • За посадкою (аеродромні, точкові, палубні, водні, безпосадкові, нетипово посадкові, мультипосадкові)
За паливною системою	• Монозаправні • Полізаправні (наземна, платформна (морська, бортова))
За типом паливного бака	• Базові • Базово-резервні
За кількістю використань	• Одноразові • Багаторазові
За радіусом дії	• Ближнього радіусу • Малого радіусу • Середнього радіусу • Дальнього радіусу • Великої дальності польоту

БПЛА за масштабом завдань, які вирішуються, поділяються на тактичні, тобто дальність їх польоту не перевищує 80 км, оперативно-тактичні – до 300 км, оперативно-стратегічні – до 700 км [2].

Маса БПЛА поділяє їх на малорозмірні – до 200 кг, середньорозмірні – 200-2000 кг, великорозмірні – 2000-5000 кг, важкі – більше 5000 кг [4].

Тривалість польоту БПЛА різна і поділяє їх на малої тривалості – менше 6 год, середньої тривалості – 6-12 год, великої тривалості більше 12 год [9].

Практична стеія польоту БПЛА виділяє їх на категорії: маловисотні – менше 1 км, середньовисокі – 1-4 км, висотні – 4-12 км, стратосферні – більше 12 км [1].

Літальні апарати за типом поділяються за літаковою аеродинамічною схемою, за гелікоптерною аеродинамічною схемою та легші за повітря. [6].

БПЛА за базуванням поділяються на наземні, які пересуваються по земній поверхні, морські, орієнтовані на роботу у водному середовищі, космічні, орієнтовані на вихід у космос. [7].



БПЛА широко використовуються в усіх сферах людської діяльності, які в загальному можна поділити на: військові, цивільні та антитерористичні. В свою чергу цивільні поділяються на: державні, комерційні, транспортні. [5].

Тип системи управління визначає різні види БПЛА. Дистанційно пілотовані літальні апарати керуються безпосередньо оператором в межах видимості через наземну станцію. Дистанційно керовані працюють автономно, але можуть керуватися пілотом, який використовує лише зворотній зв'язок через інші підсистеми контролю. Автоматичні літальні апарати виконують попередньо запрограмовані дії. Дистанційно керовані авіаційні системи керуються вбудованими системами. [3].

БПЛА згідно правил польотів поділяються на візуальні, якщо вони знаходяться і виконують політ в межах видимості пілота, який керує і контролює їх в світлий час доби; приладовий, якщо політ виконується в автоматичному режимі не лише в межах видимої зони, але й в сліпих зонах в темний час доби; візуально приладовий, коли під час польоту використовуються візуальні та приладові правила. [7].

БПЛА за типом крила поділяються на фіксовані – літакового та гелікоптерного типів, плаваючі – використовуються в конвертопланах. [5].

БПЛА за напрямком поділяються по напрямку підйому – горизонтальні, вертикальні, мультипідйомні. Напрямок та підйомна сила залежать від типу крила, а також від можливості підійматися та сідати як самостійно, так і за допомогою допоміжної техніки. [4].

За типом підйому/посадки: запускаємі використовують систему запуску, палубні підіймаються з палуби з використанням керівного крюка або тросу. [7].

Паливна система БПЛА виділяє їх на такі види: монозаправні – одноразова заправка паливної системи виконуються в промислових умовах виробником на заводі, полізаправочні – багаторазова заправка, яка може, в свою чергу, бути наземною – виконується на землі, платформна – морська (на борту морського судна) та бортова (на борту пілотованого літального апарату). [5].

Тип паливного баку БПЛА є важливою конструкторською характеристикою, що визначає базові літальні апарати, які мають основний паливний бак, та базово-резервні – мають основний та резервний паливні баки. [3].

БПЛА за кількістю використань поділяються на одноразові, якщо не передбачена система посадки, та багаторазові, які використовуються велику кількість разів і можуть вирішувати різні задачі. [7].

Радіус дії БПЛА варіюється в широких межах. Виділяють п'ять основних видів: ближнього радіусу дії – до 40 км, малого – до 70 км, середнього – до 300 км, дальнього – до 1500 км, великої тривалості польоту – не менше 1500 км. [8].

Висновки.

В роботі проведено аналіз існуючих видів БПЛА, описано їх особливості. Запропоновано класифікацію, яка висвітлює всі види БПЛА, які використовуються на сьогодні.



Література:

1. Готов В., Церклевич А. Аналіз і перспективи аерознімання з безпілотного літального апарата // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". – Сер.: Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – Львів : Вид-во НУ "Львівська політехніка". – 2014. – Вип. І (27). – С. 131-136.
2. Дементьев Д.О. Бойові Літальні комплекси в складі єдиної інформаційно-розвідувально-навігаційно-ударної системи / Дементьев Д.О. // Зб. наук. пр. Військового інституту Київського національного університету ім. Тараса Шевченка. – К. : ВІКНУ, 2015. – №27. – С. 74-77.
3. Зинченко, О. Н. Беспилотный летательный аппарат: применение в целях эрофотосъемки для картографирования [Електронний ресурс] / О. Н. Зинченко. – Режим доступу: <http://www.racurs.ru/?page=681>.
4. Кутовий, О.П. Тенденції розвитку безпілотних літальних апаратів / О.П. Кутовий // Наука і озброєння – 2014. – № 4. – С. 39 – 47.
5. Луцький М.Г. Розвиток міжнародного регулювання та нормативної бази використання безпілотних літальних апаратів / М.Г. Луцький, В.П. Харченко, Д.О. Бугайко // Вісник НАУ. – 2015. – № 4. – С. 5-14.
6. Моисеев, В. С. Прикладная теория управления беспилотными летательными аппаратами: монография / В. С. Моисеев. – Казань: ГБУ «Республиканский центр мониторинга качества образования» (Серия «Современная прикладная математика и информатика»), 2013. – С. 768.
7. Ростопчин В.В. Безпілотні авіаційні системи: основні поняття / В.В. Ростопчин, І.Е. Бурдун / ЕЛЕКТРОНІКА: Наука, Технологія, Бізнес. – 2016. – №7. – С. 82-88.
8. Сальник Ю.П. Аналіз технічних характеристик і можливостей безпілотних авіаційних комплексів оперативно-тактичного та тактичного радіуса дії армій розвинених країн / Ю.П. Сальник, І.В. Матала // Військово-технічний зб. – 2013. – № 7 – С. 70-74.
9. Стратегія розвитку вітчизняної авіаційної промисловості на період до 2020 року: [затверджена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 27 грудня 2008р. N 1656-р] [Електронний ресурс] // Верховна Рада України: [сайт]. – Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/1656-2008-%D1%80>.
10. Харченко О.В. Класифікація та тенденції створення безпілотних літальних апаратів військового призначення / О.В. Харченко, В.В. Кулешин, Ю.В. Коцуренко // Наука і оборона. – 2015. – № 6 – С. 47-54.

Abstract. *In the scientific work the main types of unmanned aerial vehicles and the features on which they are categorized are considered, namely, the scale of the tasks being solved, by mass, by the duration of the flight, by the practical flight ceiling, by type of aircraft, by the base, by use, by type of control system, by flight rules, by type of wing, by direction, by type, by fuel system, by type of fuel tank, by number of uses, by radius of operation. On the basis of the conducted analysis, a classification of unmanned aerial vehicles is proposed based on various criteria and tasks that are assigned to them.*

Key words: *aviation, classification, unmanned aerial vehicles, manufacturability.*

**References:**

1. Glotov V., Tserklevich A. Analysis and prospects of airship from an unmanned aerial vehicle // Bulletin of the National University "Lviv Polytechnic". - Ser.: Modern achievements in geodetic science and production. - Lviv: View of the Lviv Polytechnic National University. - 2014 - Wipes And (27). - P. 131-136.
2. Dementiev D.O. Combat aircraft complexes as part of a single information-reconnaissance and navigational shock system / Dementiev D.O. // Sb. sciences Ave Military Institute of Kyiv National University. Taras Shevchenko. - K.: VIKNU, 2015. - №27. - P. 74-77.
3. Zinchenko, O.N. Unmanned Aerial Vehicle: Application for Erophotography for Cartography [Electronic resource] / O. N. Zinchenko. - Access mode: <http://www.racurs.ru/?page=681>.
4. Angular, O.P. Trends in the development of unmanned aerial vehicles / O.P. Angular // Science and Armament - 2014. - No. 4. - P. 39 - 47.
5. Lutsy M.G. Development of international regulation and normative base for the use of unmanned aerial vehicles / M.G. Lutsy, VP Kharchenko, D.O. Bugayko // Bulletin of the NAU. - 2015 - No. 4. - P. 5-14.
6. Moiseev, V. S. Applied theory of control of unmanned aerial vehicles: monograph / V. S. Moiseev. - Kazan: State Audit Office "Republican Center for Monitoring the Quality of Education" (Series "Modern Applied Mathematics and Informatics"), 2013. - p. 768.
7. Rostopchin V.V. Unmanned Aviation Systems: Basic Concepts / VV Rostopchin, IE Burund / ELECTRONICS: Science, Technology, Business. - 2016 - №7. - P. 82-88.
8. U.P. Analysis of technical characteristics and capabilities of unmanned aviation complexes of operational tactical and tactical radius of armies of developed countries / Yu.P. Salnik, IV Matala // Military and Technical Ass. - 2013. - № 7 - P. 70-74.
9. The strategy of development of domestic aviation industry for the period till 2020: [approved by the order of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated December 27, 2008. N 1656-p] [Electronic resource] // The Verkhovna Rada of Ukraine: [site]. - Mode of access: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/1656-2008-%D1%80>.
10. Kharchenko O.V. Classification and trends of the creation of unmanned aerial vehicles for military use / O.V. Kharchenko, VV Kuleshin, Yu.V. Kotsurenko // Science and defense. - 2015 - No. 6 - P. 47-54.

Науковий керівник: к.т.н. Книш Б.П.

Стаття відправлена: .11.2017 р.

© Бровко П.В., Попіль Д.С.



EVALUATION OF THE NON-COMPENSATED CROSSTALK NOISE FOR THE SIMPLIFIED MODEL OF «VECTERING» SYSTEM FOR MULTIBUNDLE TELEPHONE CABLES TPP TYPE

ОЦІНКА НЕСКОМПЕНСОВАНОЇ ПЕРЕХІДНОЇ ЗАВАДИ ЗА СПРОЩЕНОЮ МОДЕЛЛЮ СИСТЕМИ «ВЕКТОРИНГ» ДЛЯ БАГАТОПУЧКОВИХ ТЕЛЕФОННИХ КАБЕЛІВ ТИПУ ТПП

Oreshkov V.I. / Орешков В.І.

s.t.s., senior lecturer / к.т.н., ст. викл.

O.S. Popov Odessa national academy of telecommunications, Odessa, Kovalska 1, 65029

Одеська національна академія зв'язку ім. О.С. Попова, Одеса, вул. Ковальська, 1, 65029

Abstract. In this paper the simplified mathematical model of the «vectoring» crosstalk compensation system for multibundle telephone cables is developed. The simplified formulas for calculating the total power of the far end crosstalk end for "vectoring" system using in xDSL-systems parallel operation on the TPP-100x2 cable are defined. The evaluation errors of non-compensated crosstalk noise during the simulation of the xDSL transmission systems on the multipair cable TPP-100x2x0,4 using the simplified model of the «vectoring» system are determined if the line length is from 50 to 500 meters and the cable loading by the transmission systems is from 10 to 100 %. The possibility of using the simplified model of the «vectoring» system for TPP type cables, regardless of the bundles number of this cable, is substantiated.

Key words: transmission system, crosstalk, power spectral density, «vectoring» system, multipair telephone cable.

Introduction.

The introduction of broadband access technologies (BA) by telephone network multipair cables still remains relevant both in the World in general and in Ukraine in particular. This is possible, first of all, due to the integration of ultra-high-bitrate xDSL technologies with optical broadband access technologies in hybrid BA networks based on FTTx concepts (for example FTTC+VDSL2 [1] or FTTP+G.fast [1]).

FTTx+xDSL hybrid networks allow bitrate access equal to the bitrate provided by fully optical networks FTTH (up to 1 Gbit/s in the G.fast technology application [2]) at significantly lower capital investments and the deployment time of BA, which is explained by the use of existing telephone network cable infrastructure.

The main disadvantage of this variant of the BA network construction is a significant limitation of the transmission rate by crosstalk in the parallel operation of xDSL transmission systems (xDSL-systems). This requires the use the crosstalk compensation methods for ultra-high-bitrate xDSL-systems. For this purpose the crosstalk compensation system was developed, which was called «vectoring» [3].

It is known that TPP type cables are used on Ukrainian telephone networks, characteristics of which differ from the characteristics of foreign cables, therefore the actual task is the development of appropriate mathematical models for the «vectoring» system using in the work over domestic multipair cables and the effectiveness evaluation of its implementation.

The use of «vectoring» has already been considered in works [3...5] for VDSL2



and G.fast systems when working over TPP-0,4 cable with bundle twist. TPP-0,4 is the most widespread on Ukrainian telephone networks. The general analytical expression that determines the non-compensated crosstalk has been determined and which was simplified for cases of 10, 20 and 30-pair cable of bundle twist, provided that their own and transient attenuation are equal for all pairs of this cable, that is to calculate the averaged noises value. But this task is not solved in the specified works for telephone cables with a large number of pairs (with the number of bundles greater than 3).

It should be noted that network modernization of the largest operator of Ukraine Ukrtelecom provides that there will be telephone cables with a maximum capacity of up to 100 pairs (TPP-100x2). Therefore, the need to research the feasibility of introducing xDSL-systems with the «vectoring» using requires the development of an appropriate model of the crosstalk compensation system for TPP type multibundle telephone cables, in particular, TPP-100x2. In work [7] models of «vectoring» for cables TPP-50x2 and TPP-100x2 were considered, while it was noted that with the increasing of the cable bundles number the model is considerably complicated.

The main text.

The purpose of this article is the simplified mathematical model development of the «vectoring» crosstalk compensation system for TPP type multibundle telephone cables and research of the estimation error of non-compensated crosstalk noise in the simulation of xDSL transmission systems (TS) on the TPP-100x2x0,4 multipair cable using the simplified model of «vectoring» system.

Generalized block diagram and work algorithm of the «vectoring» system is considered in [4, 5].

As defined in [4], the general expression far end crosstalk (FEXT) noise power without «vectoring» $NFext_l$ at the transmission system № l (TS- l) receiver input by known signals S_m at the TS- m transmitter output is determined by:

$$NFext_l = \sum_{\substack{m=1 \\ m \neq l}}^n NFext_{l,m} = \sum_{\substack{m=1 \\ m \neq l}}^n S_m \cdot H_{l,m}, \quad (1)$$

where $l, m = 1, 2 \dots n$; n – TS number; l – affected TS number; m – influencing TS number; $H_{l,m}$ – transient transfer function (TTF) between lines l and m ; S_m – is the signal spectrum at the transmitter output of TS that affects.

And with the use of the «vectoring» system, the general expression of the non-compensated crosstalk $NFext_l^v$ generated by pre-distorted signals is determined by:

$$NFext_l^v = \sum_{\substack{m=1 \\ m \neq l}}^n \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq m}}^n \frac{S_k \cdot H_{m,k}}{H_m} \cdot H_{l,m}, \quad (2)$$

where H_m is the own transfer function (OTF) of the line m .

In work [7], was determined simplified formulas for calculating the crosstalk power when working on TPP cables with bundle twist which have a number of bundles up to five, for the case when the all xDSL systems transmitters power is the same $S = S_l$, and all lines OTF in the multipair cable is the same $H_l = H$, and all lines TTF between the pairs inside the bundle is the same $H_{l,m} = HFext^I$, and between the pairs of adjacent bundle is the same $H_{l,m} = HFext^A$. For the additional simplification of the expressions for the crosstalk calculation, was considered a separate case of the



TS location in the cable, when the number of TS is the same in each of the bundles and is equal to x . Then formulas (1) and (2) acquire the following form:

$$NFext_l = S[(x-1) \cdot HFext^I + x \cdot \sum_k HFext_k], \quad (3)$$

$$NFext_l^v = \frac{(NFext_l)^2}{S \cdot H}. \quad (4)$$

where Σ – expresses the sum of crosstalk from the pairs of all other bundles; $HFext_k$ – TTF between pairs of k -th bundle and investigated pair.

For the TPP-100x2cable was determined that the formula (3) for a pair located in any of the three bundles of the internal layer and the pair located in any of the seven bundles of the external layer accordingly take the form:

$$NFext_{intl} = S[(x-1) \cdot HFext^I + 2x \cdot HFext^A + 7x \cdot HFext^{AL}], \quad (5)$$

$$NFext_{extl} = S[(x-1) \cdot HFext^I + 2x \cdot HFext^A + 2x \cdot HFext^{T1} + 2x \cdot HFext^{T2} + 3x \cdot HFext^{AL}], \quad (6)$$

where $HFext^{AL}$ – TTF between pairs of bundles of adjacent layers; $HFext^{T2}$ – TTF between pairs that are located through two bundles of one layer.

And formula for the calculation of non-compensated crosstalk power $NFext_l^v$, for the worst case, in which the total crosstalk power will be maximal (for pairs of the internal layer) takes the form:

$$NFext_{intl}^v = \frac{S}{H} [(x-1)^2 \cdot (HFext^I)^2 + 4x^2 \cdot (HFext^A)^2 + 21x^2 \cdot (HFext^{AL})^2 + 4x \cdot (x-1) \cdot HFext^I \cdot HFext^A + 14x \cdot (x-1) \cdot HFext^I \cdot HFext^{AL} + 28x^2 \cdot HFext^A \cdot HFext^{AL} + 14x^2 \cdot HFext^{T1} \cdot HFext^{AL} + 14x^2 \cdot HFext^{T2} \cdot HFext^{AL}]. \quad (7)$$

Convert the resulting formulas into a view that is convenient for working with logarithmic values, given that the parameters of the TS and cable are provided in logarithmic values (in dB, dBm/Hz, etc.). For this purpose, in the above formulas, it is necessary instead of the signal power, to use the signal spectral power density (SPD), instead of its OTF – the line attenuation and instead of the TTF – FEXT attenuation. Also, let's take into account the fact that FEXT can be expressed through the far end crosstalk immunity (Equal Level Far End Crosstalk – ELFEXT) and line attenuation [8]:

$$A_{FEXT}(i) = A_{ELFEXT}(i) + \delta A_{ELFEXT}(i) + A_{line}(i), \quad (8)$$

where $A_{FEXT}(i)$ – FEXT attenuation; $A_{ELFEXT}(i)$ – immunity of the far end crosstalk between pairs inside the bundle; $\delta A_{ELFEXT}(i)$ – ELFEXT increasing between pairs of different bundles (this value will be different for adjacent bundles $\delta A_{ELFEXT}^A(i)$, for bundles through one bundle $\delta A_{ELFEXT}^{T1}(i)$, for bundles through two bundles – $\delta A_{ELFEXT}^{T2}(i)$ and for bundles of adjacent layer – $\delta A_{ELFEXT}^{AL}(i)$); $A_{line}(i)$ – the line attenuation; i is the number of the xDSL-system carrier frequency.

As a result, formulas (5) and (7) respectively take the form:

$$Gn100(i) = Gs(i) - A_{ELFEXT}(i) - A_{line}(i) + 10 \lg[(x-1) + 2x \cdot 10^{-0,1 \cdot \delta A_{ELFEXT}^A(i)} + 7x \cdot 10^{-0,1 \cdot \delta A_{ELFEXT}^{AL}(i)}], \quad (9)$$



$$\begin{aligned}
 Gnl^v100(i) = & Gs(i) - 2 \cdot A_{ELFEXT}(i) - A_{line}(i) + \\
 & + 10 \lg[(x-1)^2 + 4x^2 \cdot 10^{-0,2 \cdot \delta A_{ELFEXT}^{AL}(i)} + 21x^2 \cdot 10^{-0,2 \cdot \delta A_{ELFEXT}^{AL}(i)} \\
 & + 4x \cdot (x-1) \cdot 10^{-0,1 \cdot \delta A_{ELFEXT}^{AL}(i)} + 14x \cdot (x-1) \cdot 10^{-0,1 \cdot \delta A_{ELFEXT}^{AL}(i)} + \\
 & + 28x^2 \cdot 10^{-0,1 \cdot (\delta A_{ELFEXT}^{AL}(i) + \delta A_{ELFEXT}^{AL}(i))} + 14x^2 \cdot 10^{-0,1 \cdot (\delta A_{ELFEXT}^{T1}(i) + \delta A_{ELFEXT}^{AL}(i))} + \\
 & + 14x^2 \cdot 10^{-0,1 \cdot (\delta A_{ELFEXT}^{T2}(i) + \delta A_{ELFEXT}^{AL}(i))}]
 \end{aligned} \quad (10)$$

where $Gnl(i)$ – the PSD level of FEXT without using of the «vectoring» system; $Gs(i)$ – the the PSD level of the signal at the output of the transmitter; $Gnl^v(i)$ – the PSD level of FEXT using of the «vectoring» system.

From the obtained expressions we can see that for the cable TPP-100x2 the expression of the noise calculation during the «vectoring» application is cumbersome, therefore, besides the direct effectiveness evaluation of the «vectoring» using in the cable TPP-100x2, performed in [7], we will evaluate the possibility of using the simplified formula (4) for multibundle cables, which for the TPP-100x2 cable taking into account (8) and (9) takes the form:

$$\begin{aligned}
 Gnl^v100'(i) = & Gs(i) - 2 \cdot A_{ELFEXT}(i) - A_{line}(i) + \\
 & + 20 \lg[(x-1) + 2x \cdot 10^{-0,1 \cdot \delta A_{ELFEXT}^{AL}(i)} + 7x \cdot 10^{-0,1 \cdot \delta A_{ELFEXT}^{AL}(i)}]
 \end{aligned} \quad (11)$$

At the same time, the calculating error of the FEXT noise PSD level for TPP-100x2 cable by the simplified formula is defined as the difference between the calculations by the formulas (11) and (10):

$$\Delta Gnl^v100'(i) = Gnl^v100'(i) - Gnl^v100(i).$$

The evaluation will be carried out for a bandwidth of up to 106 MHz, it is used by the modern xDSL-systems (TS for technology G.fast [2]) for the information transmission with multibundle cables. The TPP cables parameters are determined from [8] and [9].

The results of the determination of the total FEXT noise PSD level error calculation by the simplified formula at 10 % TPP-100x2x0,4 cable loading (when one transmission system is working on each bundle) in Fig. 1, and at 100 % TPP-100x2x0,4 cable loading (when all cable pairs are occupied by transmission systems) in Fig. 2 are presented.

Analyzing the results, we can reach the following conclusions:

- in the bandwidth up to 65 MHz under all conditions, the total FEXT noise PSD level error calculation by the simplified formula does not exceed 0.1 dB;
- the maximum total FEXT noise PSD level error calculation by the simplified formula is 0.35 dB and is observed at the 50 meters line length at the maximum frequency (106 MHz) with minimal cable loading by transmission systems (10 %);
- increasing the percentage of cable loading by transmission systems leads to the error increasing, especially in the bandwidth of up to 65 MHz;
- increasing the line length leads to the error decreasing, which becomes close to zero with the line length from 200 to 400 meters, depending on the percentage of cable loading by transmission systems.

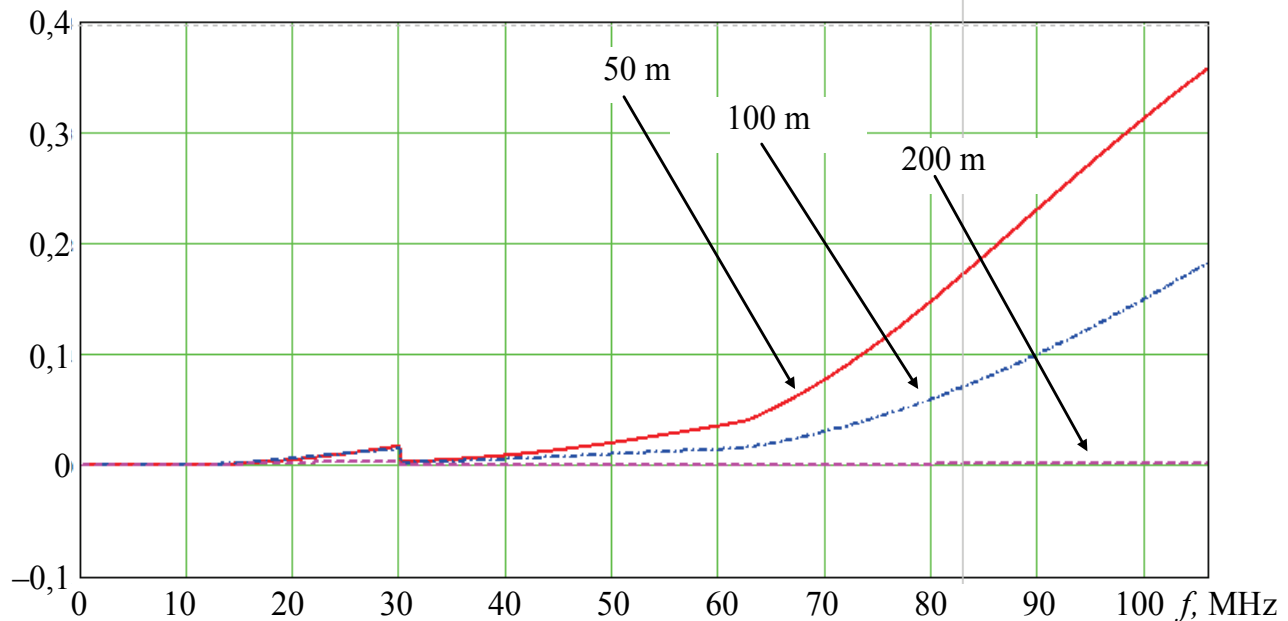

 $\Delta G(f)$, dBm/Hz


Figure.1. Frequency dependence of the total FEXT noise PSD level error calculation by the simplified formula with 10 % TPP-100x2x0,4 cable loading

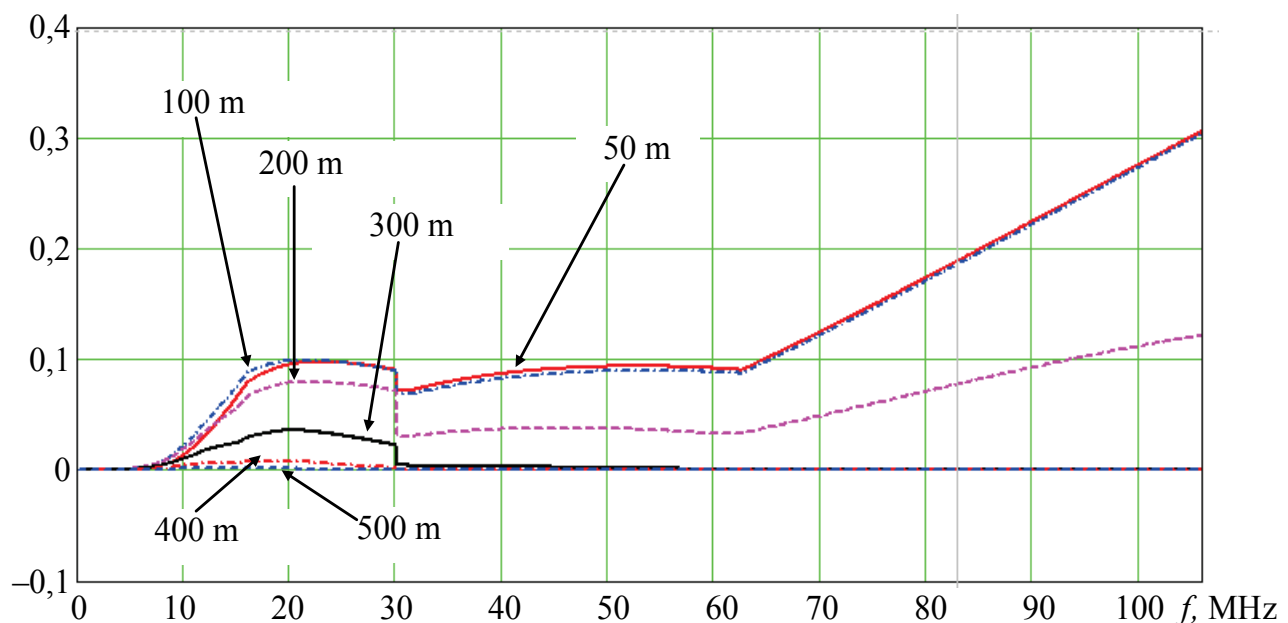
 $\Delta G(f)$, dBm/Hz


Figure.2. Frequency dependence of the total FEXT noise PSD level error calculation by the simplified formula with 100 % TPP-100x2x0,4 cable loading

Comparing the results of the calculation of the non-compensated crosstalk noise PSD level, which was obtained in [7] and has a value of minus 180...minus 120 dBm/Hz, with the value of the evaluation error of this noise with using the simplified model of the «vectoring» system defined above, we can do the conclusion that the relative error does not exceed 0.3%. This conclusion suggests that instead of a cumbersome model (10), the simplified model (11) can be used, which in general form (4) can be used for any TPP type cable.



Summary and Conclusions.

In conclusion, let's summarize that in this article:

- the simplified mathematical model of the «vectoring» system crosstalk compensation for using on domestic TPP type multibundle cables was developed;
- the evaluation errors of non-compensated crosstalk noise during the simulation of the xDSL transmission systems on the multipair cable TPP-100x2x0,4 using the simplified model of the «vectoring» system are determined;
- the possibility of using the simplified model of the «vectoring» system for TPP type cables is substantiated regardless of this cable bundles number.

References:

1. ITU-T. Recommendation G.993.2 : Very high speed digital subscriber line transceivers 2 (VDSL2). – Appr. 2015, January. – Geneva, 2015. – 430 p.
2. ITU-T. Recommendation G.9701: Fast access to subscriber terminals (G.fast) – Power spectral density specification. – Appr. 2014-04-04. – Geneva, 2014. – 22 p.
3. ITU-T. Recommendation G.993.5 : Self-FEXT cancellation (vectoring) for use with VDSL2 transceivers. – Appr. 2015, January. – Geneva, 2015. – 100 p.
4. Balashov V.O., Lyakhovetskiy L.M., Oreshkov V.I. Kharakterystyky shyrokosmuhovoho dostupu za tekhnolohiyeyu VDSL2 iz zastosuvannyam systemy kompensatsiyi perekhidnykh zavad «vektorinh» [Broadband access features by VDSL2 technology using crosstalk compensation system «vectoring».] in *Naučnye trudy SWorld* [Scientific works SWorld], issue 3 (2015). vol.3, pp. 186-193.
5. Balashov V.O., Oreshkov V.I., Mologa V.N. “Evaluation of digital subscriber line transmission rate using G.fast technology.” Proc. of the O.S. Popov ONAT. №2 (2015): 52-60.
6. Oreshkov V.I. “Efficiency evaluation of the «VECTORING» system application in the domestic multipair cables.” Proc. of the O.S. Popov ONAT. №1 (2016): 90-98.
7. Oreshkov V.I. Crosstalk compensation in the multibundle telephone cables TPP / V.I. Oreshkov // Proc. of the O.S. Popov ONAT. № 2 (2017). The article is submitted to the editorial office.
8. Balashov V. A. “xDSL broadband access technologies. Engineering Handbook”; Under the general editorship V. A. Balashov. M.: Eko-Trendz, 2008. – 262 p.
9. Balashov V.A., Zeleniy A.M., Lashko A.G., Lyakhovetskiy L.M., Oreshkov V.I., Mologa V.N. “The rate along multipair exchange cable according to G.fast technology.” *Zvyazok* №6 (2015): 46-48.

Анотація. Впровадження технологій широкосмугового доступу (ШД) xDSL все ще продовжує залишатися актуальним, як у світі в цілому, так і в Україні зокрема. Це можливо, в першу чергу, за рахунок інтеграції надшвидкісних технологій xDSL з оптичними технологіями широкосмугового доступу у гібридні мережі ШД за концепціями FTTx (наприклад, FTTC+VDSL2 [1] або FTTP+G.fast [2]) і що дозволяє забезпечити швидкість доступу сумірну зі швидкістю, яку забезпечують повністю оптичні мережі FTTH (до 1 Гбіт/с при застосуванні технології G.fast [2]), при значно менших капітальних вкладеннях та терміні розгортання мережі ШД.



Основний недолік такого варіанту побудови мережі ШД є значне обмеження швидкості передавання перехідними завадами між паралельно працюючими системи передачі (СП) xDSL, для усунення якого була розроблена система компенсації перехідних завад, яка отримала назву векторинг (vectoring) [3].

Відомо, що на телефонних мережах України використовуються кабелі типу ТПП, характеристики яких відрізняються від характеристик закордонних аналогів.

На даний час на мережі ШД найбільшого оператора України «Укртелеком» виконується модернізація, яка передбачає, що на мережі залишаться телефонні кабелі з максимальною ємністю до 100 пар (ТПП-100x2). У роботі [7] розглянуто моделі «векторинга» для кабелів ТПП-50x2 та ТПП-100x2, при цьому відзначалося, що зі збільшенням кількості пучків кабелю модель значно ускладнюється.

Метою даної статті є розробка спрощеної математичної моделі системи компенсації перехідних завад «векторинг» для багатопучкових телефонних кабелів типу ТПП та дослідження похибки оцінки некомпенсованої перехідної завади при моделюванні СП xDSL по багатопарному кабелю ТПП-100x2x0,4 з використанням спрощеної моделі системи «векторинг».

У ході роботи було визначено, що для кабелю ТПП-100x2 вираз розрахунку перехідних завад при застосуванні «векторингу» є громіздким, тому була надана оцінка можливості використання спрощеної моделі системи компенсації перехідних завад «векторинг» для багатопучкових телефонних кабелів. Оцінка проводилася для смуги частот до 106 МГц, саме її використовують сучасні СП xDSL для передавання інформації (СП за технологією G.fast [2]). Параметри кабелів ТПП визначалися з [8] та [9].

Визначено спрощені формули розрахунку сумарної потужності перехідних завад на дальньому кінці при використанні системи «векторинг» при паралельній роботі СП xDSL по кабелю ТПП-100x2. Визначено похибки оцінки некомпенсованої перехідної завади при моделюванні СП xDSL по багатопарному кабелю ТПП-100x2x0,4 з використанням спрощеної моделі системи «векторинг» при довжині лінії від 50 до 500 метрів та завантаженні кабелю системами передачі від 10 до 100 %. Обґрунтовано можливість використання спрощеної моделі системи «векторинг» для кабелів типу ТПП незалежно від кількості пучків цього кабелю.

Аналізуючи отримані результати можна дійти наступних висновків:

- у смузі частот до 65 МГц за будь-яких умов похибка розрахунку рівня СГП сумарної ПЗ ДК за спрощеною формулою не перевищує 0,1 дБ;
- максимальна похибка розрахунку рівня СГП сумарної ПЗ ДК за спрощеною формулою складає 0,35 дБ і спостерігається при довжині лінії 50 метрів на максимальній частоті (106 МГц) при мінімальному завантаженні кабелю системами передачі (10 %);
- збільшення відсотку завантаження кабелю системами передачі призводить до збільшення похибки, особливо у смузі частот до 65 МГц;
- збільшення довжини лінії призводить до зменшення похибки, яка стає близька до нуля при довжині лінії від 200 до 400 метрів у залежності від відсотку завантаження кабелю системами передачі.

Порівнюючи результати розрахунку рівня СГП некомпенсованої перехідної завади, що були отримані у [7] і яка має значення у межах мінус 180...мінус 120 дБм/Гц, з величиною похибки оцінки цієї завади з використанням спрощеної моделі системи «векторинг» визначеної вище, можемо зробити висновок, що відносна похибка не перевищує 0,3 %. Цей висновок дозволяє стверджувати, що замість громіздкої моделі можна використовувати спрощену модель, яка у загальному виді може використовуватися для будь-якого кабелю типу ТПП.

Ключевые слова: система передачі, перехідні завади, спектральна густина потужності, система «векторинг», багатопарний кабель



Література:

1. ITU-T. Recommendation G.993.2 : Very high speed digital subscriber line transceivers 2 (VDSL2). [Text]. – Appr. 2015, January. – Geneva, 2015. – 430 p.
2. ITU-T. Recommendation G.9701 : Fast access to subscriber terminals (G.fast) – Power spectral density specification. [Text]. – Appr. 2014-04-04. – Geneva, 2014. – 22 p.
3. ITU-T. Recommendation G.993.5 : Self-FEXT cancellation (vectoring) for use with VDSL2 transceivers. [Text]. – Appr. 2015, January. – Geneva, 2015. – 100 p.
4. Балашов В.О. Характеристики широкополосного доступа за технологією VDSL2 із застосуванням системи компенсації перехідних завад «векторінг» [Текст] / В.О. Балашов, Л.М. Ляховецький, В.І. Орешков // Научные труды SWorld.– Иваново: Научный мир, 2015. – № 3 (40). – Том 3. – С. 4 – 11.
5. Балашов В.О. Оцінка швидкості передавання цифрових абонентських ліній за технологією g.fast [Текст] / В.О. Балашов, В.І. Орешков, В.М. Молога // Наукові праці ОНАЗ ім. О.С. Попова. – 2015. – № 2. – С. 52 – 60.
6. Орешков В.І. Оцінка ефективності застосування системи «векторінг» на вітчизняних телефонних багато парних кабелях / В.І. Орешков // Наукові праці ОНАЗ ім. О.С. Попова. – 2016. – № 1. – С. 90 – 98.
7. Oreshkov V.I. Crosstalk compensation in the multibundle telephone cables TPP / V.I. Oreshkov // Proc. of the O.S. Popov ONAT "Information Science and Communication." – 2017. – № 2. Здано до друку.
8. Балашов В.А. Технологии широкополосного доступа xDSL. Инженерно-технический справочник; под общей ред. В.А. Балашова. – М.: ЭкоТрендз, 2008. – 262 с.
9. Балашов В.А. Скорость доступа по многопарным телефонным кабелям на базе технологии передачи G.fast [Текст] / [В.А. Балашов, А.М. Зеленый, А.Г. Лашко, Л.М. Ляховецкий, В.И. Орешков, В.Н. Молога] // Зв'язок. – 2015. – № 6. – С. 46 – 48.

Article sent: 21/11/2017 of

© Oreshkov Vasyly



ENERGY PRODUCTION FROM RENEWABLE SOURCES IN THE REPUBLIC OF BULGARIA – SITUATION AND TRENDS ПРОИЗВОДСТВО ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГИИ В БОЛГАРИИ - СОСТОЯНИЕ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ

Mollov, Y. A. / Моллов, Й. А.

doctoral candidate / аспирант

D. A. Tsenov Academy of Economics, Svishtov, Bulgaria, 2 Em. Chakarov Str.

Хозяйственная академия им. Д. А. Ценова, Свиштов, Болгария, ул. Чакърова, Ем. 2

Abstract. The report justifies the need for a statistical survey of trends in the state and dynamics of primary energy production from renewable sources. The technological features of the renewable energy sources are explored and the information provided for the analysis is characterized. An empirical analysis of production from renewable sources in the Republic of Bulgaria for the period 2007-2015 has been carried out using statistical methods for graphical presentation, analysis of dynamics and structural changes. The information in the analysis is based on data from the National statistical institute. Patterns in the change of the surveyed indicators have been found and conclusions with regard to the future development of production have been drawn.

Key words: production, energy, renewable sources, statistical methods.

Introduction

The energy supply in the world provides significant public benefits but at the same time the cost to society is too high. The planetary energy resources are not inexhaustible and fully recoverable. Most of them are exhaustible, so the real expectations of shortage provoke the demand of energy production from renewable sources all over the world.

One of the headline targets of the Europe 2020 Strategy for smart, sustainable and inclusive growth related to energy development is created from the European framework for the promotion of energy production from renewable sources [3]. It sets mandatory national targets for renewable energy – achieving a 16% share of the energy from renewable sources in the final energy consumption by 2020, and contributes to the industrial innovation and technology leadership, reducing greenhouse gas emissions, improving the security of energy supply and reduction of the country's energy dependence on imports. All of the above determine the need to study the trends in the state and dynamics of the production of energy from renewable energy sources (RES), as the relevance of this study as well.

The aim of the report is to perform a statistical analysis of the trends and patterns in the production of energy from renewable sources in Bulgaria for the period 2007-2016. The period of research is related to the beginning of the country's membership in the European Union and to the year for which the latest data are available. The information provision of the analysis is based on official data from the National statistical institute (NSI) of the Republic of Bulgaria.

1. Technological features and information provision

The electricity production from renewable energy sources in Bulgaria develops under the conditions of considerable legal regulation, and also of regulation, arising



from the national legislation and the relevant European directives and regulations, but at the same time with increased monitoring of their application. According to NSI Methodology for renewable energy sources [4] renewable energy products are:

- *hydropower* – potential and kinetic energy of water, converted into electricity into hydroelectric power plants. Does not include the energy of pumped storage plants.
- *geothermal energy* – energy which is available in the form of heat and coming from the inside of the earth crust, usually in the form of hot water or steam.
- *solar energy* – solar radiation used for the production of hot water (solar thermal) and electricity (solar photovoltaic).
- *firewood, wood waste and other solid waste* – firewood harvested directly from the forest;
- *wood waste from the wood industry, pulp and paper industry and others*;
- *charcoal* – the solid residue obtained from the destructive distillation and pyrolysis of wood and other vegetable materials;
- *sewage sludge biogas* – formed by anaerobic fermentation of sewage sludge;
- *biodiesel* – includes biodiesel fuel (methyl ester produced from vegetable oil or animal fat with the quality of diesel fuel), bio-dimethylether (dimethyl ether produced from biomass), Fischer Tropsch (diesel fuel synthesized by the Fischer Tropsch method and produced from biomass), oleochemicals extracted in a cold state (oils produced from oilseeds only by means of mechanical processing), as well as all other liquid oleochemicals;
- *biofuels* that are added to, mixed with or used directly as diesel for transport purposes;
- *other liquid biofuels* – liquid fuels of biological origin used directly as fuel and not included in biogasoline or biodiesel;
- *wind energy* – the kinetic wind energy used to produce electricity in wind generators.

The statistical information on the production of electricity from renewable sources provided by NSI meets the requirements of Regulation (EC) No 1099/2008 of the European Parliament and of the Council from 22 October 2008 on energy sector statistics. It was amended by Regulation 147/2013, which updates monthly and annual statistics and replaces all four annexes [2].

According to NSI methodological notes, the energy balances of renewable energy sources are prepared according to the Eurostat methodology for the Total energy mix. For the sake of comparability is used tonne of oil equivalent (toe) as a single measure in the compilation of these energy balances. The conversion of each renewable energy product from a specific measure (tonne, cubic meter, kilowatt hour, gigajoule) into a single energy measure is carried out using coefficients reflecting their net calorific content (the amount of heat that can be used). The net calorific content is calculated as the difference between the gross amount of heat emitted during the combustion of the fuel and the amount of heat required to evaporate the water contained in the fuel. The methodological notes state that the following dependence between individual units of measurement exists:



$$1 \text{ GJ} = 0.239 \text{ Gcal} = 278 \text{ kWh} = 0.0239 \text{ toe} \quad (1)$$

The energy balances of renewable energy products are presented in accordance with the Eurostat methodology and the data contained therein refers to the resources, transformation and final consumption of energy from renewable sources.

2. Statistical analysis of the dynamics and structure of primary energy production from RES

The necessary data for the analysis of the dynamics of energy production from RES in Bulgaria are presented in Table 1.

Table 1

Production of primary energy from renewable sources

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Renewable sources	Absolute volume (Ktoe)								
Total	975	995	1077	1326	1232	1360	1509	1573	1657
Hydropower	247	243	298	435	251	277	351	396	487
Wind energy	4	10	20	59	74	105	118	114	125
Solar energy (photovoltaic)	0	0	0	1	9	70	117	108	119
Solar thermal energy	0	0	0	10	14	15	19	20	22
Geothermal energy	33	33	33	33	33	33	33	33	33
Firewood and other vegetable waste	689	698	715	774	834	853	822	824	793
Biogas	0	0	0	3	3	0	2	10	19
Liquid biofuels	2	11	11	11	14	7	47	68	59
	Relative share (%)								
Renewable sources	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Hydropower	25.3	24.4	27.7	32.8	20.4	20.4	23.3	25.2	29.4
Wind energy	0.4	1.0	1.9	4.4	6.0	7.7	7.8	7.2	7.5
Solar energy (photovoltaic)	0.0	0.0	0.0	0.1	0.7	5.1	7.8	6.9	7.2
Solar thermal energy	0.0	0.0	0.0	0.8	1.1	1.1	1.3	1.3	1.3
Geothermal energy	3.4	3.3	3.1	2.5	2.7	2.4	2.2	2.1	2.0
Firewood and other vegetable waste	70.7	70.2	66.4	58.4	67.7	62.7	54.5	52.4	47.9
Biogas	0.0	0.0	0.0	0.2	0.2	0.0	0.1	0.6	1.1

Source: [5] and by author.

The following trends in the dynamics and structure of energy production from RES are outlined during the research period.

- The total volume of primary energy production from renewable sources is characterized by intense dynamics and it is 1.7 times higher in 2015 than at the beginning of the period. This indicates that Bulgaria is working successfully on the achievement of the national goals in the energy field.

- The production structure is characterized by the highest share of firewood



energy – between 77.7% at the beginning of the period and 47.9% at the end. Although the absolute volume of production increases, the relative share of this source decreases over the entire period. 2011 makes an exception – there is an increase, afterwards the trend is steadily decreasing with an accelerated rate of reduction. This conclusion is a basis for a positive assessment of the environmental policies and activities, regarding the protection of forests in particular, as tree resources are the most difficult to recover.

- The relative share of hydropower is the second largest in the production structure, characterized by a moderate variation over the period and ranging between 20.4% and 32.8%. The absolute amount of energy from this source is increasing steadily – at the end of the period it is almost twice as great as it was at the beginning.

- The remaining renewable energy sources form about 10% of the production over the years in general, with a positive trend towards an increase of their absolute volume (with exception of the geothermal energy which decreases).

- The intensity of structural changes in the energy production from renewable sources is measured by the *integral coefficient of structural changes and differences* [1]. The results show that during the period of research the changes in the production structure are characterized by varying intensity – the coefficients fluctuate between 0.0341 and 0.1008. As is known, the integral coefficient takes limited values in the range from 0 to 1. This leads to the conclusion that there are no major differences and the structure remains relatively constant (Fig.1).

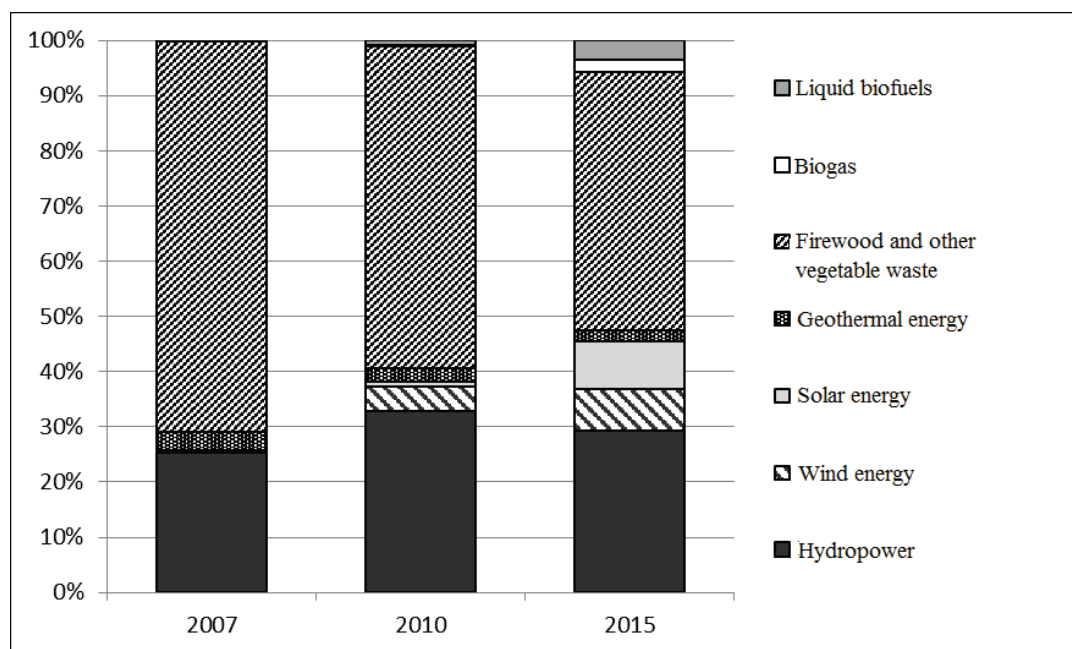


Figure.1. Structure of primary energy production by sources

By author

- The obtained results and the reached conclusions can be used for development of short-term prognoses depending on the interest and needs of the research and on the practice in the energy field.



Summary

In the modern realities of rapid technology development and constant search for innovative techniques for energy production from renewable sources, it is quite reasonable to improve their technical characteristics and to increase their share in the produced energy. The results of the carried out statistical analysis have led to the conclusion that the primary energy production from renewable sources is characterized by a smooth upward trend. To a significant extent, it is the result of the country's membership of the European Union and the pursuit of Community policy in this area. The analysis of a number of assessments and prognoses for the Bulgarian energy sector shows that it is possible to increase the pace of change as a result of improving technologies, increasing efficiency and reducing administrative constraints in the development of energy production from renewable sources.

References:

1. Gatev. K. (1987). Metodi za statisticheski analiz na ikonomicheski i sotsialni strukturi. [Methods for Statistical Analysis of Economic and Social Structures]. Sofia, 1987, p.55-58.
2. Energy/Metadata and methodology. NSI <http://www.nsi.bg/bg/>.
3. Europe 2020. A European strategy for smart, sustainable and inclusive growth. <http://ec.europa.eu/europe2020>
4. Methodology for Renewables. NSI. <http://www.nsi.bg>
5. NSI. IS Infostat. <https://infostat.nsi.bg/infostat>

Аннотация. В докладе обосновывается необходимость обзора тенденций в состоянии и динамике производства первичной энергии из возобновляемых источников. Рассматриваются технологические характеристики возобновляемых источников энергии и характеризуется информационное обеспечение анализа. С помощью статистических методов для графического представления, анализ динамики и структурных изменений был проведен эмпирический анализ производства энергии из возобновляемых источников в Болгарии за период 2007-2015 г. База данных анализа являются данные Национального института статистики. Установлены закономерности изменения обследованных показателей и сделаны выводы о будущем развитии производства.

Ключевые слова: производство, энергетика, возобновляемые источники, статистические методы.

Литература:

1. Гатев, К. Методы статистического анализа экономических и социальных структур, София, 1987, с. 55-58.
2. Европа 2020. <http://ec.europa.eu/europe2020>
3. Энергетика/Мета данные и методология. НСИ. <http://www.nsi.bg/bg/>
4. Методология использования возобновляемых источников энергии. НСИ. <http://www.nsi.bg>
5. НСИ. ИС Инфостат. <https://infostat.nsi.bg/infostat>

Supervisor: Prof. Angelova, P. G., Ph.D.

Reviewer: Assoc. Prof. Ivanov, L. T., Ph.D.

Article sent: 21/11/2017 of

© Mollov Jordan



УДК 621.311.6

SOLAR CELL MODEL TESTING ТЕСТИРОВАНИЕ МОДЕЛИ СОЛНЕЧНОЙ БАТАРЕИ

Kryvda V.I. / Крывда В.И.*s.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.*

ORCID: 0000-0001-6647-1049

Vasylenko O. / Василенко О.О.*student / студентка*

ORCID: 0000-0003-2918-976X

Fedorova M. / Фёдорова М.А.*student / студентка*

ORCID: 0000-0003-1071-2549

*Odessa National Polytechnic University, Odessa, ave. Shevchenko, 1, 65044**Одесский национальный политехнический университет, Одесса, пр. Шевченко 1, 65044*

Аннотация. В работе рассматривается модель солнечной панели мощность 270 кВт, разработанная в среде Matlab/Simulink. Проведен анализ различных вариантов воздействия солнечного излучения и влияния изменений температуры на исследуемую модель. Полученные результаты моделирования панели отличаются от заявленных технических характеристик завода-производителя не более чем на 1%.

Ключевые слова: моделирование, солнечная панель, модель.

Вступление.

Альтернативные источники энергии занимают важное место в экономике страны, сокращая при этом загрязнения окружающей среды. Увеличение эффективности солнечных батарей, за счет технологического прогресса и развития современных технологий, предоставляет возможность преобразовывать значительно больше солнечного света в электрическую энергию. Это увеличивает КПД и снижает себестоимость панелей. Наиболее эффективное использование фотоэлектрических элементов возможно, если передаваемая мощность при изменении условий окружающей среды будет максимальной. Математическое моделирование солнечных элементов и солнечных батарей позволяет установить характер изменений и получить их характеристики. В данной работе моделирование солнечных панелей осуществляется с помощью прикладной программы Matlab/Simulink.

Модель солнечной батареи.

Объектом исследований являлась модель солнечной батареи (рис.1) типа MAYSUN SOLAR 270 Вт, состоящая из 60 кремниевых элементов. При построении модели были изучены работы [1-6] и учтен их опыт.

Результаты моделирования.

Тестирование модели солнечной батареи (табл.1) проводились при сопротивлении $R_s=3,57$ Ом.

Максимальное отклонение основных характеристик не превышает 1%.

В начальный момент мощность, ток и напряжение (рис.2) близки к номинальным значениям (270 кВт; 9,45 А; 38 В соответственно).

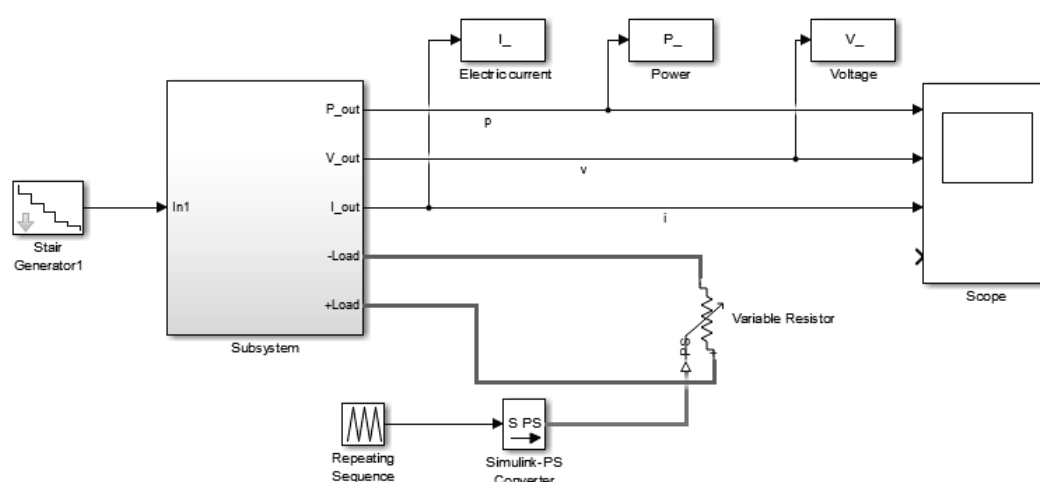


Рис.1. Модель солнечной батареи мощностью 270 Вт

Авторская разработка

Таблица 1

Соответствие результата моделирования техническим характеристикам солнечной панели

Параметры	Результат моделирования	Номинальное значение	Отклонение, %
I , А	8,73	8,7	0,34
U , В	31,2	31,08	0,39
P , Вт	272,3	270	0,88

Авторская разработка

Было проведено исследование изменения характеристик солнечной панели при изменении интенсивности солнечного излучения при постоянной рабочей температуре 25 °С. Семейство вольт-амперных характеристик солнечной панели (рис. 2) при уровнях освещенности 100, 200, 400, 600, 800, Вт/м² и рабочей температуре 25 °С, полученные в результате моделирования, по рис.1, соответствуют BAX MAYSUN SOLAR 270 Вт [7].

Снятие характеристик солнечного модуля, при температуре от -20°С до 25°С, дало ряд зависимостей (табл. 2). Снятые значения тока и напряжения определяют максимальную мощность солнечной панели при заданной освещенности.

При уменьшении температуры на 20°С от номинального значения, ток практически не изменяется, а напряжение и мощность возрастают на 11%.

В зоне отрицательных температур (при -20°С), ток увеличивается не более чем на 2 % , напряжение увеличивается на 20%, а мощность на 22 %.

Заключение и выводы.

Были рассмотрены перспективы дальнейшего использования солнечных батарей и экономическая эффективность от повышения их КПД. Разработана модель солнечной батареи мощностью 270 кВт.

Были получены BAX характеристики при различных уровнях освещенности. Характеристики по внешнему виду, соответствуют типовым для данного вида солнечных батарей.

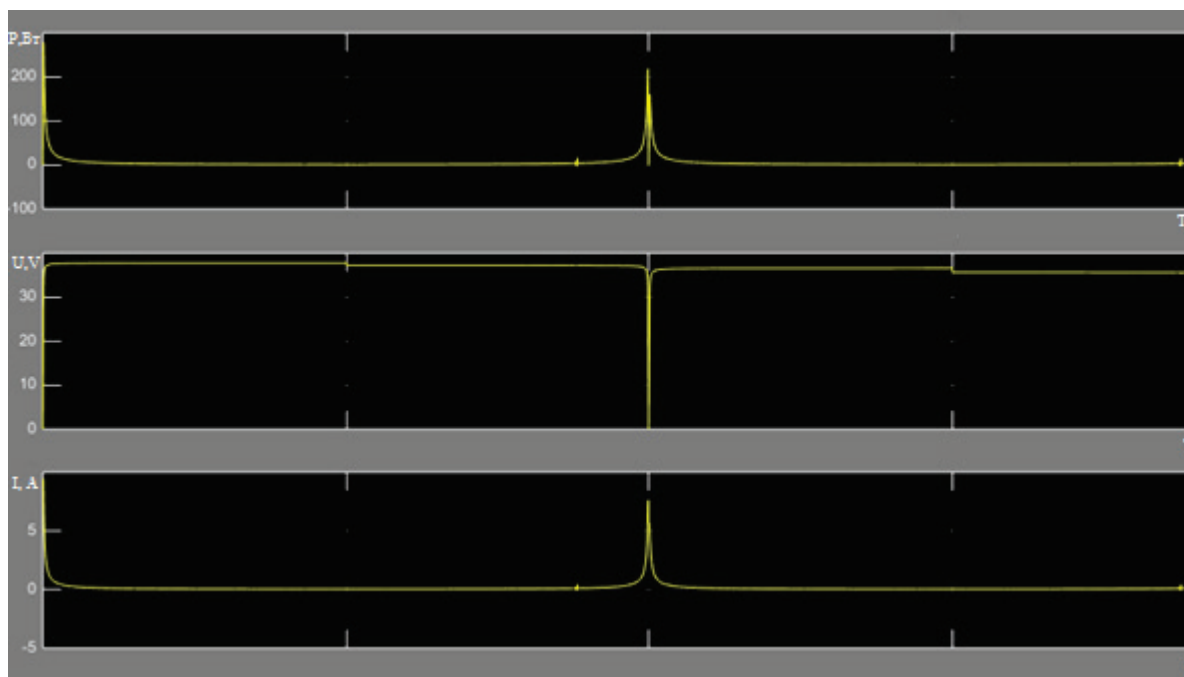


Рис. 2. Результат моделирования солнечной панели
Авторская разработка

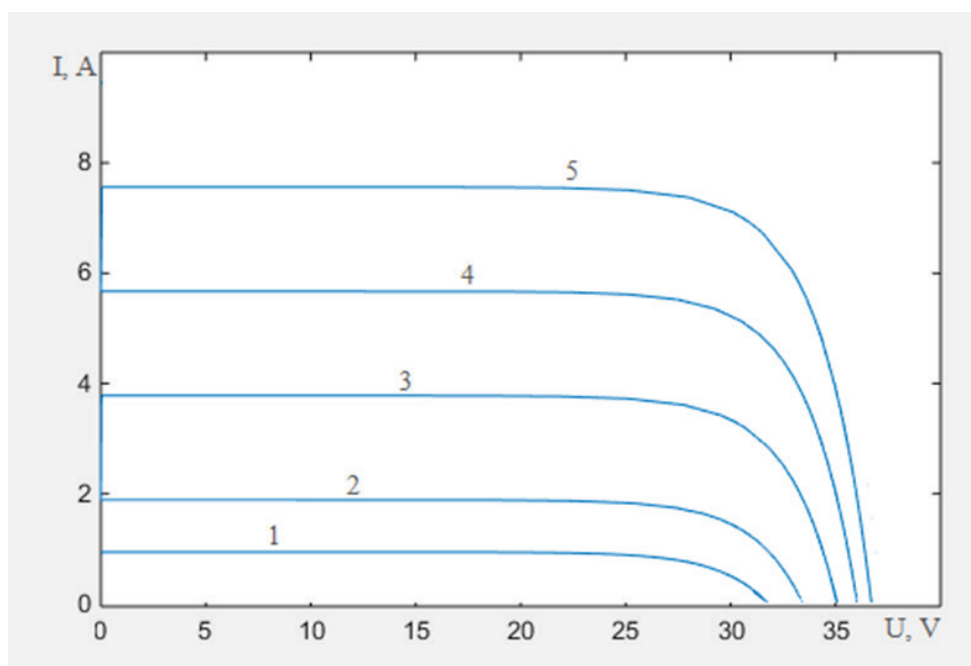


Рис. 2. Семейство ВАХ солнечной панели при освещенности:
1 – 100 Вт/м²; 2 - 200 Вт/м²; 3 - 400 Вт/м²; 4 - 600 Вт/м²; 5 - 800 Вт/м².
Авторская разработка

Результаты моделирования основных электрических характеристик (P , I , U) соответствуют техническим характеристикам, заявленным заводом-производителем, отклонение значений не превышает 1 %.

В перспективе дальнейших исследований планируется уделить отдельное внимание изучению характеристик солнечных батарей в зоне высоких температур.



Таблица 2

Характеристики солнечного модуля при изменении температуры

При температуре 25°C						
Освещенность	1000	800	600	400	200	100
I, А	8,5	6,7	4,9	3,2	1,3	0,5
U, В	31,7	31,3	31,2	30,9	30,7	30,5
P _{max} , Вт	269,4	209	152,88	97,9	39,9	15,3
При температуре 5°C						
Освещенность	1000	800	600	400	200	100
I, А	8,6	6,5	4,9	3,2	1,4	0,5
U, В	34,8	35	34,8	34,7	34,1	33,2
P _{max} , Вт	299,3	267,8	170,5	111,04	47,74	16,6
При температуре -20°C						
Освещенность	1000	800	600	400	200	100
I, А	8,7	6,8	5	3	1,4	0,5
U, В	37,5	37,5	37,4	37,6	37,1	37
P _{max} , Вт	326,3	255	187	112,2	51,94	18,5

Авторская разработка

Литература:

1. Трещ, А. М. Моделирование солнечных батарей в среде MATLAB/SIMULINK // «Информационные технологии в образовании, науке и производстве» [Электронный ресурс] : Международная научно-техническая интернет-конференция, Минск, 16-17 ноября 2013 г. / Белорусский национальный технический университет, Международный институт дистанционного образования. – Минск, 2013. – Режим доступа : <http://www.bntu.by/news/39-conference/951-mntk-mido-16-17.html>.
2. Seifi M., Che Soh A.Bt., Izzrib. Abd. Wahab N., Khair B. Hassan M.. A Comparative Study of PV Models in Matlab/Simulink // International Scholarly and Scientific Research & Innovation. №7(2). 2013. – pp. 97-102.
3. Salmi T., Bouzguenda M., Gastli A., Masmoundi A.. MATLAB/Simulink Based Modelling of Solar Photovoltaic Cell // International Journal of Renewable energy research. №2.2012.– pp. 213-218.
4. Patil Sahebrao N., R. C. Prasad. Design and simulation of MPPT algorithm for solar energy system using Simulink model // International Journal of Research in Engineering and Applied Sciences, Vol. 02, Issue 01, Jan 2014 – pp.37-40.
5. Frolkova N.O., Frolkov O.A. Modeling different types of PV modules // 13th International Conference on Elektromechanics, Elektrotechnology, Electromaterials and Components. ICEEE–2010. P.152
6. Мигунов. Я. Н. Моделирование солнечного элемента в графической среде Simulink. [Электронный ресурс]:Электронный журнал Молодежный научно-технический вестник. Режим доступа: <http://sntbul.bmstu.ru/doc/791154.html>.
7. <https://alt-energy.in.ua/wp-content/uploads/2017/06/Maysun-Solarполи.pdf>



Abstract. Increasing the efficiency of solar cells allows you to convert more sunlight into electrical energy. This increases the efficiency and reduces the cost of the panels. In this paper, solar panels are simulated using the Matlab / Simulink program. The object of research is the model of the solar battery MAYSUN SOLAR 270 W. The results of modeling differ from the passport data of such a panel by not more than 1%. A study was made of the changes in the characteristics of the solar panel when the intensity of solar radiation was varied and the operating temperature was 25 ° C. The family of volt-ampere characteristics of the solar panel in appearance correspond to typical ones. With different illumination of the solar panel, the dependencies were recorded in the temperature range from -20 ° C to 25 ° C. When the temperature is reduced by 20 ° C from the nominal, the current practically does not change, and the voltage and power increase by 11%. In the zone of negative temperatures (at -20 ° C), the current increases by no more than 2%, the voltage increases by 20%, and the power by 22%. In the future it is planned to study the characteristics of solar cells in the high temperature zone.

Key words: modeling, solar panel, model.

References:

1. Treshh A. M. (2013) Modelirovanie solnechnyh batarej v srede MATLAB/SIMULINK [Simulation of solar cells in the MATLAB/SIMULINK environment] in «Informacionnye tehnologii v obrazovanii, nauke i proizvodstve» [«Information technologies in education, science and production»] Mezhdunarodnaja nauchno-tehnicheskaja internet-konferenciya, Minsk, URL: <http://www.bntu.by/news/39-conference/951-mntk-mido-16-17.html>.
2. Seifi M., Che Soh A.Bt., Izzrib. Abd. Wahab N., Khair B. Hassan M. A (2013) Comparative Study of PV Models in Matlab/Simulink, International Scholarly and Scientific Research & Innovation, issue 7, vol. 2, pp. 97-102.
3. Salmi T., Bouzguenda M., Gastli A., Masmoundi A. (2012) MATLAB/Simulink Based Modelling of Solar Photovoltaic Cell, International Journal of Renewable energy research, issue 2, pp. 213-218.
4. Patil Sahebrao N., R. C. Prasad. (2014) Design and simulation of MPPT algorithm for solar energy system using Simulink model, International Journal of Research in Engineering and Applied Sciences, Vol. 02, Issue 01, Jan 2014, pp.37-40.
5. Frolkova N.O., Frolkov O.A. (2010) Modeling different types of PV modules, 13th International Conference on Elektromechanics, Elektrotechnology, Electromaterials and Components. ICEEE, P.152
6. Migunov Ja. N. (2015) Modelirovanie solnechnogo jelementa v graficheskoy srede Simulink [Modeling a solar cell in a Simulink graphical environment], Molodezhnyj nauchno-tehnicheskij vestnik. URL: <http://sntbul.bmstu.ru/doc/791154.html>
7. <https://alt-energy.in.ua/wp-content/uploads/2017/06/Maysun-Solarполи.pdf>

Статья отправлена: 26.11.2017 г.

© Крывда В. И., Василенко О. О., Федорова М. А.



THE DOLOMITE DECOMPOSITION UNDER MICROWAVE TREATMENT РАЗЛОЖЕНИЕ ДОЛОМИТА В ПРОЦЕССЕ МИКРОВОЛНОВОЙ ОБРАБОТКИ

Filatova N.V. / Филатова Н.В.

s.ch.s., as.prof. / к.х.н., доц.

ORCID: 0000-0001-7552-3496

Kosenko N.F. / Косенко Н.Ф.

d.t.s., prof. / д.т.н., проф.

ORCID: 0000-0001-8806-7530

Ivanovo State University of Chemistry and Technology, Ivanovo, Sheremetev avn. 7, 153000

Ивановский государственный химико-технологический университет, Иваново,

Шереметевский просп., 7, 153000

Abstract. The results of dolomite decomposition under treatment in the microwave oven (2.45 GHz, 6 kW) are brought. The presence of kinetics dependences bends may be evidence of successive passing of the decarbonization of magnesia and calcium components. The depth of the dolomite conversion is equal to 69 % for the initial substance, 90 % for the dolomite with 5 % carbon admix. These values correspond to the complete dissociation of MgCO_3 component and to the destruction of CaCO_3 constituent up to 37.5 and 79 %. The introduction of a small quantity of amorphous carbon allows raising the dissociation rate.

Key words: dolomite, decarbonization, microwave treatment, dissociation rate, mechanical treatment

Introduction.

Carbonates natural rocks are widely used in the chemical technology including building and refractory industry. For receiving required products, it is necessary to carry out a long intensive and power-consuming treatment of initial materials under temperatures 600-1200 °C. Some works on microwave energy use for substances decomposition are known [1-4]. Kinetics of calcite and magnesite decomposition under microwave treatment has been studied [4,5].

This paper presents the results of the dolomite decomposition in microwave oven (frequency 2.45 GHz, 6 kW). The part of material was subjected to the mechanical activation in the planetary mill within 5 min.

The main text.

Under emissive power, the dolomite warming-up takes place because of carbonate groups polarization. The electromagnetic field penetration into $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ lattice results in its bulk heating initiating the reaction in the whole grains bulk. Under carbonates decomposition one fugitive component escapes, so the quantity of escaping gas (CO_2) may be used for the process kinetics studying. When adding of carbon to dolomite during the reaction not only carbon dioxide as a product of carbonate decomposition but also CO and/or CO_2 forming under C oxidation are eliminated. Because of that the conversion degree was characterized by the volume of carbon dioxide eliminated when the residue treating by the hydrochloric acid.

The experimental results have been processed over the equation of contracting sphere (for the volume advancing) [6,7]:

$$1 - (1 - \alpha)^{\frac{1}{3}} = K\tau. \quad (1)$$



Dependences in coordinates of the equation (1) are brought on Fig. 1.

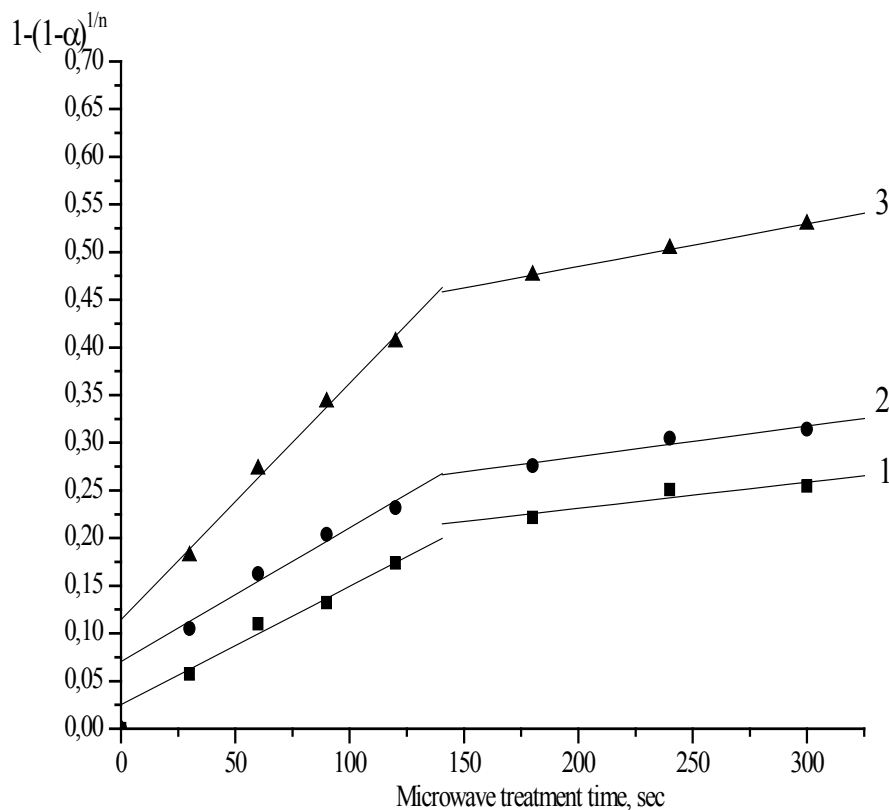


Figure. 1. The kinetics dependences in coordinates relative to the equation (1):
1 – initial dolomite powder; 2 – dolomite pretreated in a planetary-type mill;
3 – dolomite with 5 % carbon admix

By author

At initial point all particles placed into electromagnetic field of microwave frequency absorb uniformly this energy transforming it into thermal one. When the carbonate decomposes at first the biphasic system $\text{CaCO}_3 - \text{MgO}$ appears; and thereupon the three-phase composition $\text{CaCO}_3 - \text{MgO} - \text{CaO}$ is forming. Its components are characterized by different heat absorption values, but the essential temperature gradient is not seemingly formed as powder particles have small dimensions (less than $80 \mu\text{m}$) and are in a free filling.

In principle the process in a microwave oven runs in non-isothermal conditions, especially in the initial reaction period when the dolomite volume absorb gradually the energy. However, the material self-heating takes place rather quickly and dependences comply with the linearization with the approximation confidence factor no lower 0.97 (for the first sections of curves) and 0.91 (for the second sections).

The presence of dependences bends evidences the successive passing of the decarbonization of magnesia and calcium components. The depth of the dolomite conversion is equal to 69 % for the initial substance, 90 % for the dolomite with 5 % carbon admix. These values correspond to the complete dissociation of MgCO_3 component and to the destruction of CaCO_3 constituent up to 37.5 and 79 %.

The line sections slopes characterize effective reaction constants (Table 1).



Table 1

Effective rate constants of the dolomite decomposition

Initial material	Effective reaction constants $K \cdot 10^4, \text{sec}^{-1}$	
	magnesium component	calcium component
Initial dolomite	14.1 ± 0.1	2.7 ± 0.1
Dolomite mill-pretreated	18.7 ± 0.3	3.2 ± 0.1
Dolomite with 5 % carbon admix	32.4 ± 0.5	4.5 ± 0.1

By author

The comparison of effective rate constants obtained for the decomposition of separate dolomite constituents and for the dissociation of singly taken magnesite ($14.1 \pm 0.1 \text{ sec}^{-1}$ [5]) and calcite ($4.9 \pm 0.2 \text{ sec}^{-1}$ [4]) shows that the magnesium component in the dolomite composition decomposes more quickly by a factor of 2.6. It is in accord with the accepted point of view about certain energy inhomogeneity of the dolomite lattice that relates to different dimensions of Mg^{2+} and Ca^{2+} ions. The magnesite lattice parameters are less (6 % a.) and the calcite lattice ones are larger (4 % a.) than corresponding values of the isomorphous dolomite lattice [7].

The mechanical treatment raises the defects concentration, changing the activity of solids. It is known that the mechanical activation of carbonic salts can result in the partial decarbonization of substances owing to severe strains of anions CO_3^{2-} [8]. Formed high-active oxides join readily carbon dioxide from the ambient air. The repeated CO_2 removal under microwave treatment runs more easily and rapidly.

In soft-grade materials including carbonates local mechanical tensions serving as convenient centers of new phase nucleuses formation can be taken away by forming cracks [6]. Evidently under this reason the mechanical activation does not result in the essential increase of the initial compound decomposition rate.

It is well-known that the absorption degree of microwave energy by such compounds as oxides, sulphates, carbonates is rather small. The energy absorption can be increased by means of a modifying radio-absorbent substance addition, e.g. amorphous carbon. The introduction of a small quantity of carbon (5 %) allows raising the dissociation rate by a factor of two on average. Thus, the application of accelerated microwave treatment of carbonates in the presence of a small amount of amorphous carbon gives an opportunity to diminish the burning duration and cumulative energy consumption for obtaining of oxides from carbonates.

Summary and Conclusions.

The dolomite decomposition kinetics in microwave field has been studied. Values of effective rate constants according to the contractile sphere equation for the pure substance dissociation, for pretreated in planetary ball dolomite and for doped-carbon dolomite have been discussed.

References:

1. Bykbulatov I.Kh., Daminev R.R., Bakiev A.Yu. (2005). *Ecologicheskie i tekhnologicheskie problemy obzhiga izvestnyaka v shakhtnykh pechakh i ikh ustranenie pri ispol'zovanii dlya razlozhenia karbonata kaltsiya SVCh-izlucheniya* [Ecological and technological problems of limestone burning in shaft-furnaces and



their removal under using microwaves for calcium carbonate decomposition] in *Khimicheskaya promyshlennost cegodnya* [Chem. Industry today], issue 6, pp. 49-54.

2. Krbashan R.G. Ob effektivnosti tekhnologii polucheniya izvestkovykh vyazhushchikh tokami SVCh [On efficiency of lime cements technology by microwaves] //Rukopis deponirovannaya v VINITI [manuscript deposited in VINITI] 14.07.93, No 1968-B93.

3. Koloberdin V.I., Bobrova N.S. (2005) Osobennosti termicheskoi dissoziatsii karbonatov v protsesse termomekhanicheskoi obrabotki vysokoi intensivnosti [Of carbonates thermal dissociation during high-intensity thermal mechanical treatment] in *Izvestia vuzov. Khimia i khimicheskaya tekhnologia* [Proceedings of institutes of higher education. Chemistry and chemical technology], vol. 48, issue 1, pp. 81-83.

4. Kosenko N.F., Filatova N.V. (2011) Reaktsii s uchastiem karbomatov v mikrovolnovom pole [Carbonates reactions in microwave field] in *Izvestia vuzov. Fizika* [Proceedings of institutes of higher education. Physics], vol. 54, issue 1/2, pp. 367-369.

5. Kosenko N.F., Filatova N.V. (2009) Kinetika razlozhenia magnezita pod deistviem mikrovolnovoi i mekhanicheskoi obrabotki [Magnesite decomposition kinetics aided microwaves and mechanical treatment] in *Ogneupory i tekhnicheskaya keramika* [Refractories and technical ceramics], issue 4-5, pp. 67-70.

6. Brown M., Dollimore D., Galway A. Reaktsii tvyordykh tel [Reactions of solids], Moscow: Mir, 1983. – 360 p.

7. Young D. Kinetika razlozhenia tvyordykh veshchestv [Kinetics of solids decomposition]. – Moscow: Mir, 1969. – 263 p.

8. Tretyakov Yu.D. Tvyodofaznye reaktsii [Solid-phase reactions]. – Moscow, Chimiya, 1978. – 360 p.

Аннотация. Карбонатные горные породы, имеющие большое практическое значение, требуют в процессе использования интенсивной энергозатратной обработки, в частности микроволновой. В работе приведены результаты изучения разложения доломита при обработке в микроволновой печи (2,45 ГГц, 6 кВт). Наличие перегибов на кинетических зависимостях может свидетельствовать о последовательно протекающих процессах декарбонизации магниевой и кальциевой составляющих. Степень превращения доломита составляет 69 % по отношению к исходному веществу, 90 % для доломита с добавкой 5 % углерода. Эти значения соответствуют полной диссоциации магниевой составляющей и разложению CaCO_3 -компонента 37,5 % и 79 % соответственно. Ввод небольших количеств аморфного углерода приводит к ускорению диссоциации.

Ключевые слова: доломит, декарбонизация, микроволновая обработка, скорость диссоциации, механическая обработка

Литература:

1. Бикбулатов И.Х., Даминев Р.Р., Бакиев А.Ю. Экологические и технологические проблемы обжига известняка в шахтных печах и их устранение при использовании для разложения карбоната кальция СВЧ-излучения //Хим. пром-сть сегодня. – 2005. – № 6. – С. 49-54.

2. Крбашян Р.Г. Об эффективности технологии получения известковых вяжущих токами СВЧ // Рукоп. депон. в ВИНТИ 14.07.93, № 1968-B93.

3. Колобердин В.И., Боброва Н.С. Особенности термической диссоциации карбонатов в процессе термомеханической обработки высокой интенсивности //Изв. вузов. Химия и хим.



технология. – 2005. – Т. 48. – № 1. – С. 81-83.

4. Косенко Н.Ф., Филатова Н.В. Реакции с участием карбонатов в микроволновом поле // Изв. вузов. Физика. – 2011. – Т. 54. – № ½. – С. 367-369.

5. Косенко Н.Ф., Филатова Н.В. Кинетика разложения магнезита под действием микроволновой и механической обработки // Огнеупоры и технич. керамика. – 2009. – № 4-5. – С. 67-70.

6. Браун М., Доллимор Д., Галвей А. Реакции твердых тел. – М.: Мир, 1983. – 360 с.

7. Янг Д. Кинетика разложения твердых веществ. – М.: Мир, 1969. – 263 с.

8. Третьяков Ю.Д. Твердофазные реакции. – М.: Химия, 1978. – 360 с.

Article sent: 20/11/2017

© Filatova Natalya



**THE BEHAVIOR OF SOME OXIDE BINDING MATERIALS
AFTER MECHANICAL TREATMENT**
**ПОВЕДЕНИЕ НЕКОТОРЫХ ОКСИДНЫХ ВЯЖУЩИХ МАТЕРИАЛОВ ПОСЛЕ
МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ**

Kosenko N.F. / Косенко Н.Ф.

d.t.s., prof. / д.т.н., проф.

ORCID: 0000-0001-8806-7530

Filatova N.V. / Филатова Н.В.

s.ch.s., as.prof. / к.х.н., доц.

ORCID: 0000-0001-7552-3496

Ivanovo State University of Chemistry and Technology, Ivanovo, Sheremetev avn. 7, 153000

Ивановский государственный химико-технологический университет, Иваново,

Шереметевский просп., 7, 153000

Abstract. *It has been established that some abrading treatment of metals oxides crystallizing by halite crystal type (CaO, MgO) reduce their reactive capability. This fact can relate to some changes in the form of polycrystallites' particles and their structure. The same mechanical treatment has a little effect on similar processes in systems where beryllium and zinc oxides are present (structure type of wurtzite).*

Key words: *reactive ability, abrading treatment, binding properties, metals oxides, halite structural type, wurtzite structural type, phosphate binding systems.*

Introduction.

It is known that a strong structure of a conglomerate on the base of a binding material is formed if the rate of a reaction between components is closely corresponding to the structure forming rate. Some compositions are setting too quickly and with substantial heat release, that leads to disintegration of the initial frame of new growths and makes it impossible to form a stable structure. To reduce reactive ability of binding component in relation to a tempering liquid the preliminary high-temperature processing is widely used, as well as a dilution with any inert component, partial neutralization of an acid tempering liquid (particularly phosphoric acid), etc. So, to reduce the lime activity, it was suggested to use an artificial cooling (works by B. Osin, L. Shpynova). Complex additives allow reducing the heat release rate, and maintaining sufficiently the high strength of a lime stone (30-50 MPa) at the minimal porosity (10-20 %) [1].

As a rule, during a mechanical processing the materials activation takes place, including hydration activity increase (works by L. Sulimenko, G. Khodakov, et al).

Experimental technique was described in [2-4].

The main text.

We have established that the reduction rate was substantially higher than that which could be explained by reducing of MgO specific surface; it is reduced by 30-40 %, while the oxide activity in the magnesium cement – by 250-1000 %.

With increasing time of MgO powder abrading (contrary to an impact treatment, Fig. 1a) values of effective constants of dilution rate (Fig. 1b, curves 1, 2) and top values of ions concentrations (Fig. 1b, curves 3, 4) reach the maximum peak.

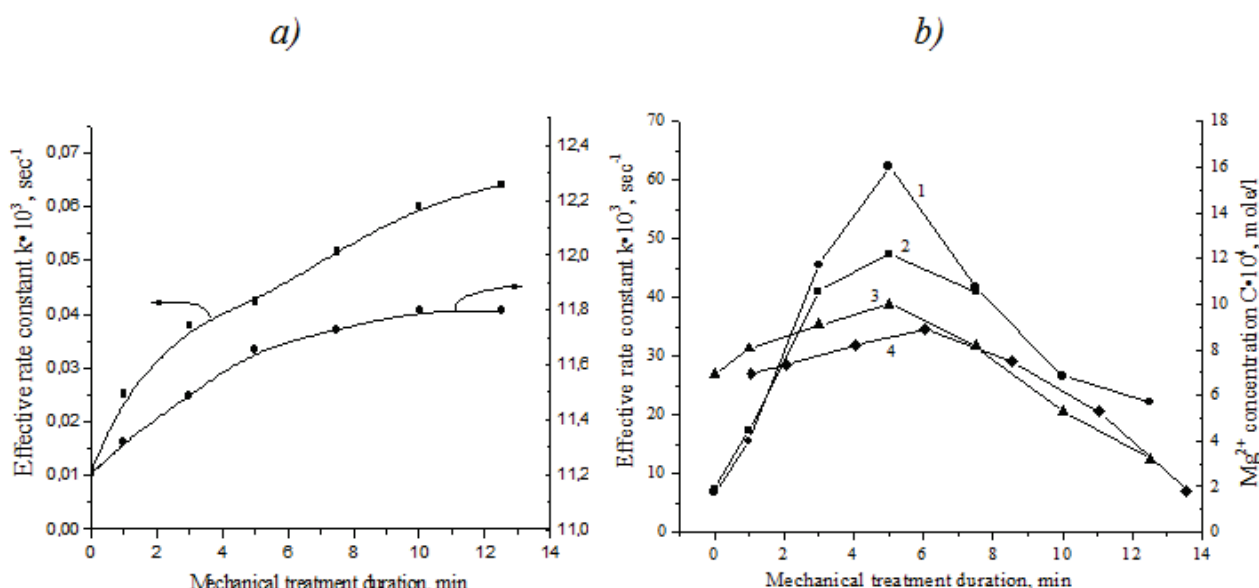


Figure 1. Influence of vibration (a) and abrading (b) treatment period on MgO dilution rate, determined by pH-metry data (a, b) and by variations of Mg^{2+} ions concentration (b, curve 1), and maximum values pH of the solution (b, curve 4) and Mg^{2+} concentration (b, curve 3).

By author

The more prolonged abrading leads to plane sliding and some exposing flat surfaces that are characteristic for cubic crystals, e.g. MgO (Fig. 2b.). An irregular defect layer is removed from grains. The activity reduces which is confirmed by reduce in oxide dilution rate. Small particles separated during a mechanical treatment from rounded grains at the first stage (up to 5 minutes) show an increased solubility, and then quite dense aggregates are formed (Fig. 2c.) that have low activity [5].

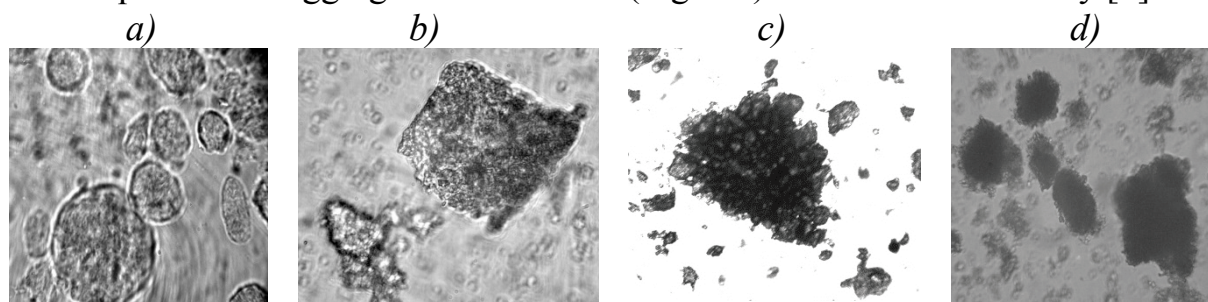


Figure 2. Microphotographies of MgO crystals with no treatment (a), after abrading (b, c), after vibration treatment (d).

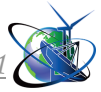
By author

Similar results have been obtained for CaO interaction with water (Fig. 3a.) and solutions of 1.2 % H_3PO_4 solution (Fig. 3b.). Some inflexions appear on the relations, which are especially distinct for water and acid low concentrations (Fig. 3 a, b.).

With growth of H_3PO_4 concentration this effect is mitigated.

Terms of compositions' setting have been determined (Table 1).

There occurs a substantial slow-down of the interaction of magnesium and cadmium oxides, which crystallize by halite type, while the same treatment has a little effect on similar processes in systems where beryllium and zinc oxides are



present (structure type of wurtzite). The reactive capability reduction for calcium, magnesium and cadmium oxides can relate to some changes in the form of polycrystallites' particles in the abrading treatment process. On the contrary, zinc oxide crystallites in the abrading treatment practically do not change their outline character, which fact corresponds to their constant chemical activity.

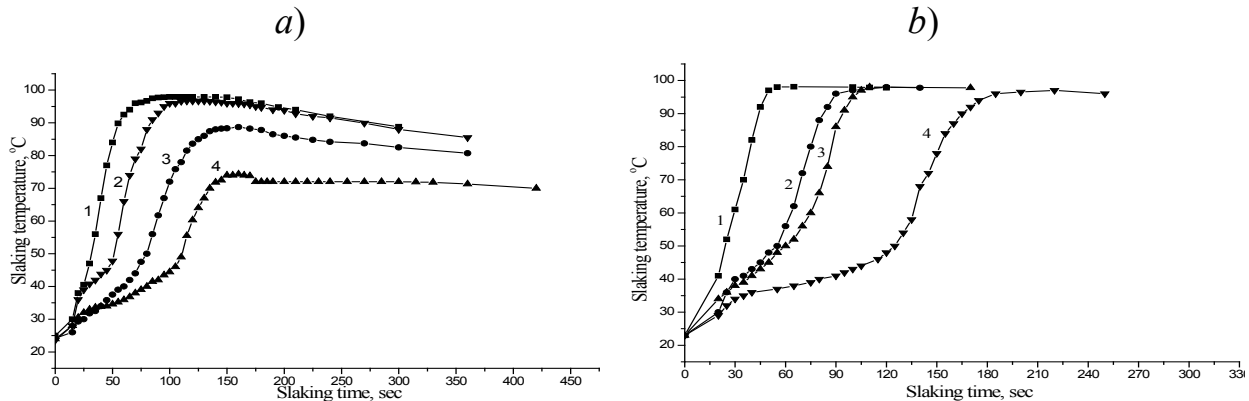


Figure 3. Influence of CaO abrading treatment on its hydration in water (a) and H_3PO_4 solution (b). Abrading time, min: 1 – 0; 2 – 5; 3 – 10; 4 – 15.

By author

Table 1.

**Influence of abrading treatment of oxides on setting time
for phosphate compositions**

System	Treatment duration, min	Setting start, hrs-min-sec	Setting end, hrs-min-sec
BeO – H_3PO_4	0	0-28-15	0-38-20
	5	0-26-50	0-37-50
	10	0-21-45	0-40-15
	15	0-29-30	0-42-25
MgO – H_3PO_4	0	Quick setting	0-02-00
	5	0-02-00	0-04-30
	10	0-51-30	1-47-40
	15	More than 3.5 hrs	Not established
CdO – H_3PO_4	0	0-00-35	0-02-25
	5	0-04-45	0-09-00
	10	0-42-00	1-15-00
	15	1-15-30	2-30-00
ZnO – H_3PO_4	0	0-12-00	0-13-50
	5	0-06-50	0-07-40
	10	0-09-10	0-10-45
	15	0-10-00	0-11-15

By author

Some micro-structural ordering is also confirmed by an increase in powders' density, the sharper peaks form in diffractograms. Plane surfaces with little defects



show the smaller activity in reacting with water vapors and CO_2 [3].

Summary and Conclusions.

The MgO dilution in water after a mechanical treatment was studied. The impact treatment leads to the continuous growth of the dilution rate while dilution characteristics dependences have maxima during abrading. Some slowdown of abraded CaO with water, solutions of orthophosphoric acid and salts; the slowdown degree is proportional to the abrading time. The similar result is obtained for phosphate binding compositions setting time. Observations are explained in the terms of some micro-structural ordering of metals oxides crystallizing by halite type.

References:

1. Teoria tsementov [The Cement Theory] /Ed. by A.A. Pashchenko. – Kiev: Budivelnick, 1991. – P. 94.
2. Kosenko N.F., Vinogradova L.A. (2009) Vliyanie istirayushchei obrabotki oksida kalziya na skorost' ego rastvoreniya [Influence of abrading treatment of calcium oxide on its solution rate] in *Izvestia vuzov. Khimia i khimicheskaya tekhnologia* [Proceedings of institutes of higher education. Chemistry and chemical technology], vol. 52, issue 5, pp. 29-32.
3. Kosenko N.F., Malikova E.V., Vinogradova L.A., Filatova N.V. (2009) Kinetika karbonizatsii oksida kalziya [Calcium oxide carbonization kinetics] in *Izvestia RAN: Fizika* [Bulletin of the Russian Academy of sciences: Physics], vol. 73, issue 7, pp. 899-901. DOI: 10.3103/S1062873809070119
4. Kosenko N.F., Filatova N.V. (2009) Regulirovanie spekaemosti oksida magnia s pomoshchiyu mekhanokhimicheskoi obrabotki razlichnogo tipa [MgO sinterability regulating by mechanical chemical treatment of different kind] in *Izvestia vuzov. Khimia i khimicheskaya tekhnologia* [Proceedings of institutes of higher education. Chemistry and chemical technology], vol. 52, issue 9, pp. 80-84.

Аннотация. Установлено, что истирающая обработка оксидов металлов, кристаллизующихся по типу галита (CaO , MgO) понижает их реакционную способность. Скорость снижения активности заметно выше, чем это может быть объяснено уменьшением удельной поверхности оксида. Так, для MgO последняя снижается на 30-40 %, тогда как активность оксида в магнезиальном цементе – на 250-1000 % (в отличие от обработки ударного типа в вибромельнице). Аналогичные результаты были получены для взаимодействия между оксидом кальция и водой, растворами ортофосфорной кислоты и солей. Удельная поверхность порошка CaO до и после истирающей обработки по методу БЭТ снижается на 50-60 %, а изменения константы скорости находятся в пределах 1,5-34 раза. Подобная механическая обработка не вызывает сходных процессов в системах с оксидами бериллия и цинка (структурный тип вюрцитита).

Снижение реакционной способности оксидов магния, кальция и кадмия может быть связано с некоторыми изменениями формы поликристаллитов в ходе истирающей обработки. Продолжительное истирание приводит к скольжению плоскостей, выравниванию, что характерно для кристаллов кубической сингонии. Таким образом, несовершенный поверхностный слой, насыщенный дефектами, удаляется с зерен. Мельчайшие частицы, отделенные в процессе механической обработки от округлых зерен, на первой стадии (до 5 мин) проявляют повышенную активность, но впоследствии образуются мало активные плотные агрегаты. Более упорядоченные области, обнаженные при истирании, взаимодействуют медленнее, чем исходные зерна и отщепившиеся частицы.



Благодаря этому, реакционная способность снижается.

Ключевые слова: реакционная способность, истирающая обработка, вяжущие свойства, оксиды металлов, структурный тип галита, структурный тип вюртцита, фосфатные вяжущие системы.

Литература:

1. Теория цемента /Под ред. А.А. Пащенко. – Киев: Будівельник, 1991. – С. 94.
2. Косенко Н.Ф., Виноградова Л.А. Влияние истирающей обработки оксида кальция на скорость его растворения. *Изв. ВУЗ. Химия и хим. технология*. 2009. т.52, № 5, с. 29-32.
3. Косенко Н.Ф., Маликова Е.В., Виноградова Л.А., Филатова Н.В. Кинетика карбонизации оксида кальция. *Изв. РАН. Сер. физич.* 2009. т.73, № 7, с. 955-957.
4. Косенко Н.Ф., Филатова Н.В. Регулирование спекаемости оксида магния с помощью механохимической обработки различного типа. *Изв. вузов. Хим. и хим. технология*. 2009. Т. 52. № 9. С.80-84.

Article sent: 20/11/2017

© Kosenko Nadezhda



<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/g117-032>

DOI: 10.21893/2567-5273.2017-02-01-032

SILICON-SEMICONDUCTOR, TECHNOLOGIES AND PROSPECTS КРЕМНИЙ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЙ, ТЕХНОЛОГИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Verhovlyuk A. M. / Верховлюк А.М.

d.t.s., prof. / д.т.н., проф.

ORCID: 0000-0000-0000-0000

Chervonyi I. F. / Червоний И.Ф.

d.t.s., prof. / д.т.н., проф.

ORCID: 0000-0000-0000-0000

*Physics-Technological Institute of Metals and Alloys of the National academy of science of
Ukraine, Kiev, Ukraine, 03680, Vernadskogo, 34/1*

*Физико-технологический институт металлов и сплавов Национальной академии наук
Украины, Украина, 03142, Киев-142, бул. Вернадского, 34/1, ФТИМС НАН Украины*

Abstract. The article gives a brief history of the discovery of silicon, describes the current state and prospects for the production of polycrystalline silicon semiconductor purity in Ukraine and the world. The applied technologies of production of metallurgical silicon and polycrystalline semiconductor silicon are described. The analysis of technology of poly-crystalline semiconductor silicon and processes of growing single crystals of silicon is performed. The structural perfection of silicon monocrystals and the mechanisms of their formation are considered.

Key words: silicon, state and prospects of production, metallurgical silicon, polycrystalline silicon, technology, monocrystalline silicon, structural perfection of silicon single crystals, classification of defects, thermal conditions, radiation exposure, mechanism of defect formation.

Аннотация. В статье приводится краткая история открытия кремния, описано современное состояние и перспективы производства поликристаллического кремния полупроводниковой чистоты в Украине и мире. Описаны применяемые технологии производства металлургического кремния и поликристаллического полупроводникового кремния. Выполнен анализ технологии поликристаллического полупроводникового кремния и процессов выращивания монокристаллов кремния. Рассмотрено структурное совершенство монокристаллов кремния и механизмы их образования.

Ключевые слова: кремний, состояние и перспективы производства, металлургический кремний, поликристаллический кремний, технология, монокристаллический кремний, структурное совершенство монокристаллов кремния, классификация дефектов, тепловые условия, радиационное воздействие, механизм образования дефектов.

КРЕМНИЙ, Si (silicium), химический элемент IVA подгруппы (C, Si, Ge, Sn и Pb) периодической системы элементов, неметалл. Кремний в свободном виде был выделен в 1811 Ж. Гей-Люссаком и Л. Тенаром при пропускании паров фторида кремния над металлическим калием, однако он не был описан ими как элемент. Шведский химик Й. Берцелиус в 1823 г. дал описание кремния, полученного им при обработке калиевой соли K_2SiF_6 металлическим калием при высокой температуре, однако лишь в 1854 г. кремний был получен в кристаллической форме А. Девилом. Кремний – второй по распространенности (после кислорода) элемент в земной коре, где он составляет более 25% (масс.). Встречается в природе в основном в виде песка, или кремнезема, который представляет собой диоксид кремния, и в виде силикатов (полевые шпаты $M[AlSi_3O_8]$ ($M=Na, K, Ba$), каолинит $Al_4[Si_4O_{10}](OH)_8$, слюды).

В настоящее время кремний является основным исходным материалом в производстве интегральных микросхем, полупроводниковых приборов и



фотоэлектрических преобразователей для солнечной энергетики. Для создания качественных приборов необходимо вырастить монокристаллы (“слитки”) кремния с заданными свойствами и контролируемым содержанием примесей. В качестве исходного сырья для производства монокристаллов используется поликристаллический кремний полупроводниковой чистоты.

В металлургии существует пять основных разновидностей кремния, используемого в промышленности: технический, который еще называют металлургическим; поликристаллический полупроводниковой чистоты; монокристаллический; мультикристаллический кремний и монолайк [1]

Технический кремний содержит в зависимости от марки 98...99 % кремния и 1...2 % примесей, среди которых Fe, Ca, Al, B, P и другие. Используется в качестве исходного сырья при производстве ферросплавов и поликристаллического кремния полупроводниковой чистоты.

Поликристаллический кремний производится переработкой металлургического кремния, в процессе которой снижается содержание примесей и достигается чистота продукта 5N-11N. При этом применение даже столь чистого кремния для солнечной, тем более микроэлектронной, промышленности невозможно, так как его поликристаллическая структура обуславливает низкий коэффициент полезного действия полупроводниковых приборов. Поэтому поликристаллический кремний прежде всего является исходным сырьем для производства слитков монокристаллического кремния, мультикремния и монолайка.

Монокристаллический кремний – это самый совершенный и стабильный тип кремния. Слитки имеют единую кристаллическую структуру и заданную кристаллографическую ориентацию, обеспечивают самый высокий коэффициент полезного действия при производстве фотоэлектрических преобразователей, могут быть произведены с заранее заданными свойствами, что позволяет их использовать в электронной промышленности.

Мультикремний - это слиток кристаллического кремния, состоящий из отдельных монокристаллических зерен, размер которых в большинстве случаев более 5 мм.

Монолайк (monolike) является разновидностью мультикремния с размером зёрен до десятков миллиметров, и по своим свойствам приближается к монокристаллическому кремнию.

1. Современное состояние и перспективы производства поликристаллического кремния полупроводниковой чистоты в Украине и мире

Кремний полупроводникового качества, как для солнечной энергетики, так и для полупроводниковых приборов, производят по технологии, предусматривающей переработку кварцитов с получением технического (металлургического) кремния, его хлорирование, очистку хлоридов кремния, водородное восстановление хлоридов с получением поликристаллического кремния полупроводниковой чистоты, последующее формирование слитков с заданной структурой, резку их на пластины и изготовление приборов различного назначения (рис. 1.1).



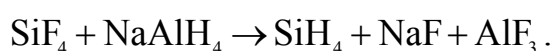
Рис.1.1 - Схема переработки кремния

Самым распространенным и наиболее отработанным в мире методом производства поликристаллического кремния градаций “электронного” (EG-Si) и “солнечного” (SoG-Si) качества уже более 60 лет является метод водородного восстановления трихлорсилана с использованием реактора типа “Сименс”.



Анализ литературных источников [2] показывает, что в настоящее время помимо традиционной “Сименс”-технологии для производства полупроводникового кремния используются в промышленных масштабах:

- технология кипящего слоя (FBR - Fluidized Bed Reactor Technology);
- FSR-процесс (Free-Space Reactor – реактор со свободным объемом), который включает в себя синтез трихлорсилана гидрохлорированием технического кремния, очистку трихлорсилана от примесей, синтез моносилана (SiH_4) диспропорционированием на катализаторе, очистку моносилана и его разложение в реакторе со свободным объемом. Осаждение кремниевого порошка проводят непрерывно с высокой степенью извлечения;
- этил-процесс – в этом случае используют натрий-алюминий-гидрид в полиэфирной жидкой среде (диметиловый эфир или дигмин) и тетрафторид кремния. Процесс идет по реакции



Продуктом реакции является моносилан SiH_4 , не содержащий тетрафторида кремния SiF_4 , который направляют в реактор кипящего слоя (FSR-процесс) для получения гранулированного поликристаллического кремния;

- процесс Шумахера – разложение трибромсилана (SiHBr_3) с образованием моносилана, который направляют в реактор кипящего слоя (FSR-процесс) для получения гранулированного поликристаллического кремния;
- процесс восстановления тетрахлорида кремния SiCl_4 (ТХК) цинком.
- процесс пиролиза моносилана [2-5]

Результаты выполненного анализа литературных данных [6-8] по объемам мирового производства поликристаллического кремния из технического кремния показывают, что в настоящее время наблюдается тенденция расширения объемов производства поликристаллического кремния солнечного качества за счет новых технологий (рис. 1.2).

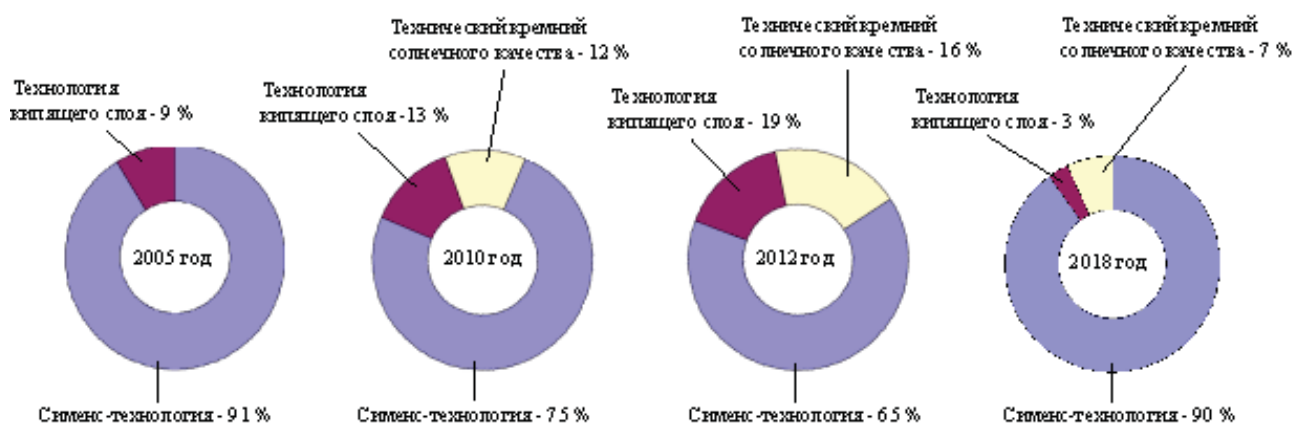


Рис.1.2 - Соотношение наиболее распространенных технологий производства поликристаллического кремния в мире

Как видно из рис. 2, особенно интенсивно исследуются и разрабатываются промышленные варианты производства дешевого кремния для солнечных



батарей - технологии технического кремния солнечного качества (UMG-Si SoG – Upgraded metallurgical-grade silicon Solar-grade) [9, 10].

Основными производителями поликристаллического кремния в мире являются фирмы и корпорации [11-16]:

Hemlock Semiconductors; Wacker Siltronic; DC Chemical; LDK Solar, MEMC; REC; M. Setek Co., Ltd.; Tokuyama; Eniel; Mitsubishi; Osaka Titanium Technologies Co. Ltd. Активно развиваются предприятия по производству поликристаллического кремния в Китае – Dago New Energy; в России – Nitel Solar и ГХК “Росатома”.

Согласно данным [17,18] объем производства поликристаллического кремния вырос за счет запуска новых мощностей на существующих предприятиях и запуска новых заводов. Анализ данных [19, 17] показал, что в 2012 г. объем производства поликристаллического кремния составил 250 тыс. т, в 2016 г. – 400 тыс. т, а по прогнозу на 2019 г. объем производства достигнет 500 тыс. т. При этом примерно 30 % кремния затребовано микроэлектронной промышленностью и 50 % производителями солнечной энергетики.

2. Технологии производства металлургического кремния

Начальным технологическим процессом получения поликристаллического кремния является переработка кремнезема (кварца – SiO_2). Самым распространенным минералом в земной коре является кварц, который в отдельных месторождениях образует крупное скопление кремнезема высокой степени чистоты. Природные формы кремнезема могут быть представлены породами, почти полностью сложенными кварцем, кварцитами или кварцитовидными песчаниками. Кварциты могут содержать лимонит, гематит, пирит, полевой шпат, глинистые минералы, слюду, рутил, циркон и т.д. Содержание примесных элементов в сырьевых материалах существенно влияет на качество кристаллического кремния, поэтому важное значение имеет выбор месторождений.

Коренные залежи кварца в земной коре встречаются в виде пластов, гнезд, линз и прутах структурных тел, состоящих из несцементированных между собой кристаллов кварца различной крупности. Плотность кварца 2,59...2,65 г/см³, твердость по шкале Мооса – 7. Однако разные месторождения кварца содержат различные минеральные включения, и поэтому кварц этих месторождений обладает различной твердостью и имеет разный цвет: белый, красноватый и т.д.

В Украине суммарные запасы основного сырья для производства кремния – кварцитов – превышают 180 млн. т [20].

Их месторождения есть в Днепропетровской, Житомирской, Кировоградской областях (Овручское, Толкачевское, Белокаровицкое, Васильковское и Ивановское). При этом, Овручское месторождение кварцитов по качеству кристаллических кварцитов и запасам не имеет аналогов в Европе. Содержание SiO_2 составляет 98,8 %, разведанные запасы – более 150 млн. т, прогнозные – 500 млн. т. Схема сырьевых источников для производства кремния [21] приведена на рис. 2.1.



Кварц из камерных пегматитов (1 – волыньское месторождение). Кварцевые жилы (2 – ленчинское проявление; 3 – арсеновское; 4 – стеклянная гора; 5 – проявления донецкого бассейна). Песок кварцевый (6 – гусаровское; 7 – белокрыницкое, кодринское); Риолиты (8 – андреевское)

Рис.2.1 – Расположение источников первичного сырья на территории Украины для производства кремния

Жильный кварц состоит из сросшихся кристаллических агрегатов, обладает высокой твердостью, содержит мало посторонних примесей, отличается ровным изломом. Кварциты, как правило, состоят из плотно сцепленных кварцевых зерен. Примеси различных минеральных веществ находятся между кварцевыми зернами, а иногда и в виде включений в зернах кварца. Они обычно имеют светло-серый или серый цвет и неровный излом.

Большое распространение в природе имеют россыпные месторождения кварца, которые представлены продуктами разрушения его коренных залежей, в также пески, состоящие из разобщенных зерен кварца.

Кварцитовидные песчаники образовались из кварцевых зерен (песков), сцементированных кремнеземом. Кварцевые пески и песчаники не прочны и не применяются при производстве кристаллического кремния, так как мелкие зерна песка спекаются на колошнике печи в сплошную корочку, которая задерживает сход шихтовых материалов в шахту печи, препятствуя при этом выходу образующихся газов. Кварц и кварциты различных месторождений имеют различную степень восстанавливаемости.

Кварц или кварциты, применяемые для производства технического кремния, должны содержать как можно меньше намазок (глины, земли, пустой



породы и т.д.).

Кварциты для выплавки кристаллического кремния обычно поставляются в кусках величиной 20...60 мм, а для мощных печей используют куски до 80 мм.

Кварцит подвергают переработке и обогащению, в процессе которых от него отделяются земля, глина и др. На современных крупных карьерах установлены дробильно-сортировочные фабрики, на которых добытый кварцит предварительно дробят на куски < 110 мм в поперечнике, затем промывают и подвергают грохочению. Часто для улучшения качества кварцита проводят селективную добычу руды, что позволяет сократить количество вредных примесей – сланцев, глин, ожелезненных пород и т.д.

После дробления кварцит подвергают мокрому грохочению с отсевом фракций < 20 мм, что дает возможность резко снизить содержание в руде глинистых намазок, жильных и песочных образований, железистых минералов, сланцев и т.д.

Обобщенная производственная схема выпуска технического кремния приведена на рис. 2.2 [22].

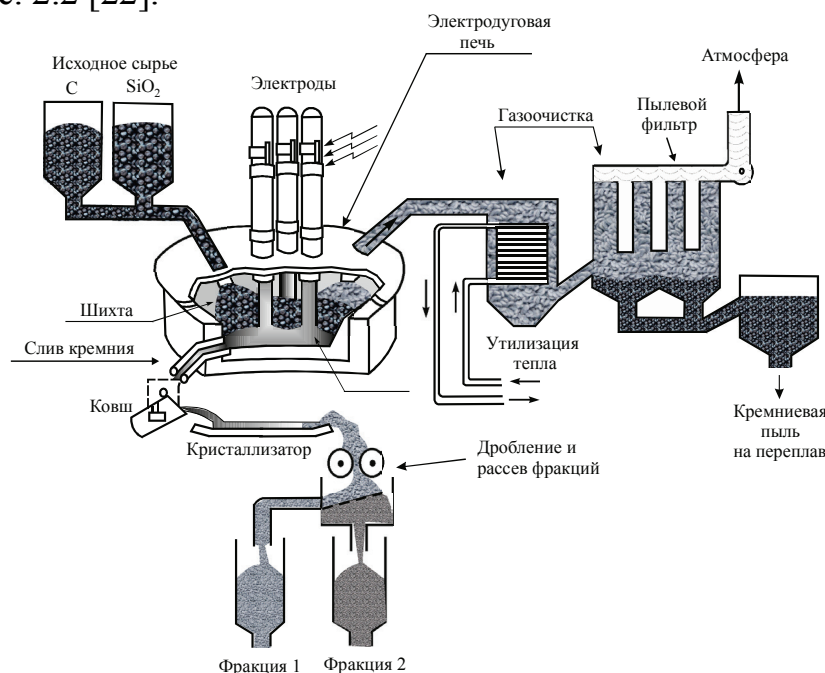
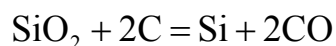


Рис.2.2 - Схема выплавки технического кремния с элементами утилизации отходящих газов

Переработка кварцитов осуществляется в электродуговых печах с использованием углеродных восстановителей. Общая схема такого технологического цикла приведена на рис.5 .

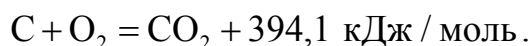
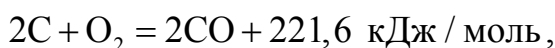
Процесс восстановления кварцитов достаточно подробно описан в работах [23, 24] и представляется следующими реакциями. Восстановление кремнезема в рудовосстановительных электрических печах происходит при 2073...2673 К по реакции



с затратой тепла 701,4 кДж/моль.



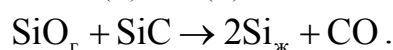
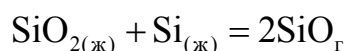
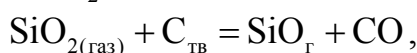
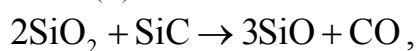
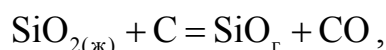
Участие восстановителя снижает расход тепла за счет выделения его при горении углерода



Анализ восстановительных газов свидетельствует, что содержание в них CO_2 не превышает сотых долей процента, т.е. роль последней реакции невелика.

Температура начала заметного восстановления диоксида кремния составляет 1933...1953 К.

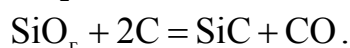
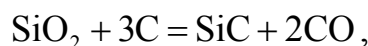
При восстановлении кремнезема углеродом протекает целый ряд побочных реакций, в результате которых образуются летучие соединения кремния (монооксид)



Равновесная газовая фаза над жидким кремнеземом при 2001 К содержит: $\text{SiO} - 45,9 \%$; $\text{O}_2 - 42,4 \%$; $\text{SiO}_2 - 5,1 \%$; $\text{CO} - 6,6 \%$.

Монооксид кремния удаляется из шихты с газами и способствует неполному извлечению кремния из шихты в готовый продукт. Частично монооксид кремния может растворяться также в шлаках. Кроме того, он, попадая на холодные части печи и электрододержателей, осаждается в газоходах, что приводит к серьезным осложнениям при работе закрытых печей.

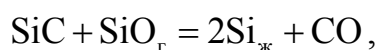
Кроме летучих оксидов, образуются карбиды. Например, уже при 1878 К протекают реакции



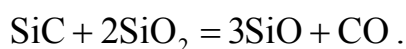
Образование карбида кремния в ваннах печей значительно затрудняет плавку, так как образуются гарнисаж, настилы на поддоне печи, в результате чего уменьшается реакционная зона у электродов, увеличивается электропроводность шихты и т.д.

В то же время карбид кремния может разрушаться при протекании реакций:

при температуре $>2025 \text{ К}$



а при температуре $>2490 \text{ К}$

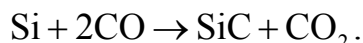


При выплавке кремния вводится избыток углерода, на 20 % превышающий стехиометрическое количество, что способствует повышению концентрации CO в печных газах и созданию в печи восстановительной атмосферы.

При взаимодействии кремния с CO также возможно образование карбида



кремния

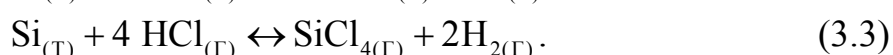
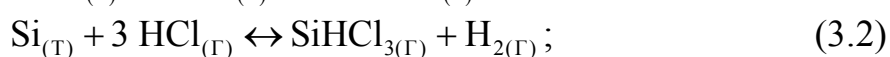
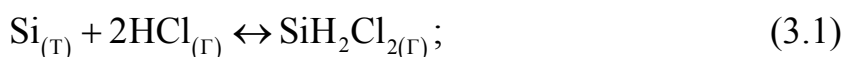


Особенно важно учитывать процессы карбидообразования при проведении так называемых бесшлаковых процессов.

3. Технологии поликристаллического полупроводникового кремния

Технологический цикл производства поликристаллического кремния состоит из ряда последовательных операций, которые обеспечивают необходимую степень чистоты материала [6, 23, 25-29]. Технология включает хлорирование металлургического кремния, ректификационную очистку полученных силанов, водородное восстановление силанов до элементарного кремния в виде стержней поликристаллического кремния и выращивание монокристаллов кремния методами Чохральского или бестигельной зонной плавки.

На этапе хлорирования металлургического кремния получают трихлорсилан SiHCl_3 (ТХС) путем взаимодействия технического кремния с хлористым водородом или со смесью газов, которые содержат хлористый водород, при температуре $260...400^\circ\text{C}$. Этот процесс гидрохлорирования осуществляется по реакциям



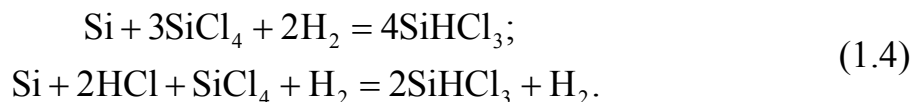
Реакции получения хлорсиланов кремния (3.1)-(3.3) являются обратимыми и экзотермическими. Синтез трихлорсилана ведут в реакторе "кипящего" слоя, в который сверху непрерывно подают порошок технического кремния с размером частиц $0,01...1$ мм. Псевдоожиженный слой толщиной $200...600$ мм создают встречным потоком хлористого водорода, который поступает в нижнюю часть реактора с линейной скоростью $1,8$ см/с.

Образующаяся в процессе синтеза трихлорсилана паро-газовая смесь поступает в зону охлаждения, где ее быстро охлаждают до $40...130^\circ\text{C}$, в результате чего выделяются в виде пыли твердые частицы примеси (хлориды железа, алюминия и др.), которые вместе с частицами не прореагировавшего кремния и полихлоридов ($\text{Si}_n\text{Cl}_{2n+2}$) далее отделяются с помощью фильтров. После очистки от пыли (которая является взрывоопасным продуктом) парогазовая смесь поступает на конденсацию при температуре 70°C . Происходит отделение SiHCl_3 и SiCl_4 (температуры кипения $31,8$ и $57,2^\circ\text{C}$, соответственно) от водорода и HCl (температура кипения 84°C). Полученная в результате конденсации смесь состоит в основном из трихлорсилана (до $90...95\%$), остальное – тетрахлорид кремния, который отделяют потом ректификацией. Тетрахлорид кремния, который выделяется в результате разделения, в дальнейшем используют для производства силикона, кварцевого стекла, а также для получения трихлорсилана путем дополнительного гидрирования в присутствии катализатора.

Для создания замкнутой технологической линии фирмой "Siliken" [29] предлагается после ректификации отделенные тетрахлорид кремния и водород



возвращать на передел гидрохлорирования, обеспечивая при этом повышение коэффициента использования исходных продуктов и выхода заданного окончательного продукта – трихлорсилана (рис. 3.1).. Возврат продуктов ректификации обеспечивает, по мнению авторов [29], повышение эффективности процесса гидрохлорирования с возможным протеканием реакций



В работах [27, 29] предлагается побочные продукты реакции гидрохлорирования – тетрахлорид кремния и дихлорсилан (SiCl_4 и SiH_2Cl_2) преобразовывать в трихлорсилан по реакции

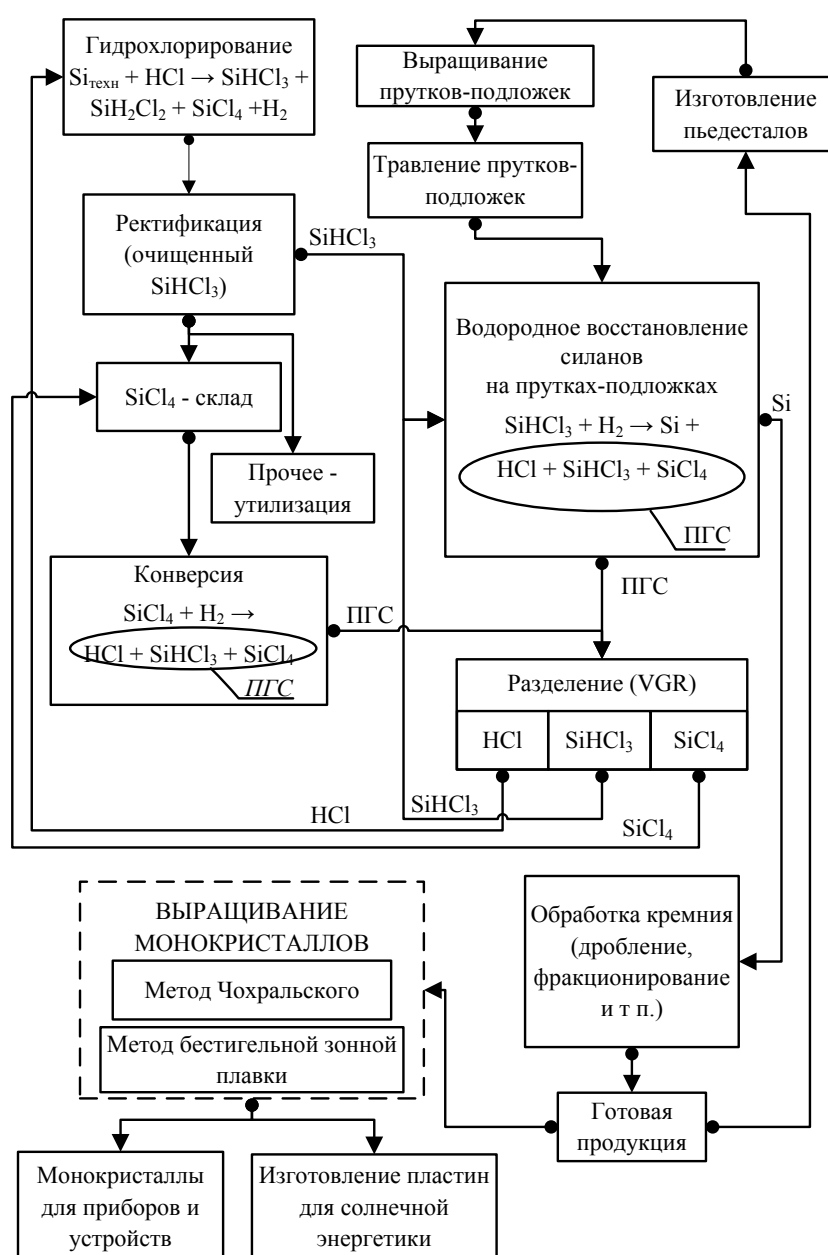
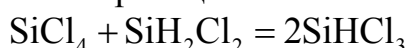


Рис.3.1 - Схема производства кремния с комплексной переработкой побочных продуктов гидрохлорирования



Разделенные компоненты парогазовой смеси вновь используются: хлористый водород HCl - на операции гидрохлорирования технического кремния, трихлорсилан SiHCl_3 - на операции водородного восстановления силанов, а тетрахлорид кремния SiCl_4 - на операции конверсии вновь образует парогазовую смесь, которая возвращается на операцию водородного восстановления силанов (см. рис. 5). Такая схема обеспечивает наиболее полную переработку побочных продуктов гидрохлорирования технического кремния.

Очищенный трихлорсилан поступает на операцию водородного восстановления. Реакция восстановления очищенного трихлорсилана



происходит в атмосфере водорода на поверхности разогретых кремниевых прутков-подложек диаметром 6...10 мм. Кремний, выделяющийся в процессе реакции, осаждается на разогретые кремниевые прутки-подложки. Весь процесс, приводящий к осаждению кремния, можно описать следующими элементарными стадиями:

- перенос исходных реагентов в газовой фазе к поверхности стержня;
- адсорбция и хемосорбция исходных реагентов и образование адсорбционного слоя;
- химико-кристаллизационные процессы, приводящие к встраиванию атомов кремния в кристаллическую решётку;
- десорбция продуктов реакции в газовую среду;
- транспорт продуктов реакции в газовую фазу от растущей поверхности стержня.

В процессе роста поверхность стержня постоянно обновляется и является активной в химико-кристаллизационном отношении [25]. В результате осаждения частиц кремния на поверхности кремниевых прутков-подложек получают стержни поликристаллического кремния (рис. 3.2).



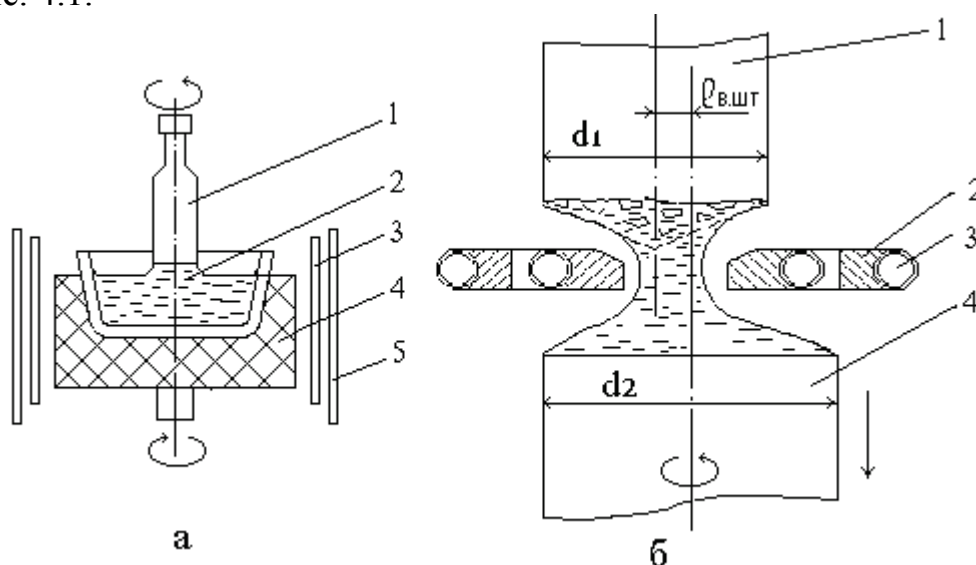
Рис.3.2 - Общий вид стержней поликристаллического кремния после вскрытия реактора водородного восстановления трихлорсилана



С целью получения стержней с наиболее гладкой поверхностью и чистотой, удовлетворяющей требованиям полупроводниковой промышленности, возможные поверхностные загрязнения удаляют с помощью механической шлифовки стержней с последующим химическим травлением. Получаемые поликристаллические стержни перед использованием в процессах выращивания монокристаллов методом Чохральского разламывают на куски, удобные для загрузки в тигель, или разрезают на мерные заготовки. Стержни, предназначенные для процесса бестигельной зонной плавки, обрабатывают под нужный диаметр шлифовкой.

4. Выращивание монокристаллов кремния

Выращивание монокристаллов кремния из расплава в промышленных условиях осуществляют по методу Чохральского и бестигельной зонной плавкой, рис. 4.1.



а - из расплава: 1- монокристалл; 2- расплав в тигле; 3- нагреватель; 4- подставка; 5- экранировка; б - индукционной бестигельной зонной плавкой: 1- исходный кристалл; 2- индуктор; 3- водоохлаждение индуктора; 4- выращиваемый кристалл.

Рис.4.1 - Схемы процессов выращивания монокристаллов кремния

В настоящее время, согласно данным работы [30], 95 % от общего объема производства монокристаллов кремния производится по методу Чохральского и 5 % бестигельной зонной плавкой.

Выращивание монокристаллов по методу Чохральского осуществляют в вакууме, «застойной» атмосфере аргона или гелия, а также в протоке указанных газов при различном давлении в камере. Используют различные источники нагрева, однако наиболее распространен резистивный нагрев расплава в кварцевом тигле.

Тепловой узел включает в себя подставку для тигля, нагреватель, систему экранов. Конструкция теплового узла практически во многом определяет особенности кристаллизации, макро- и микроструктуру выращиваемого монокристалла, распределение в нем легирующих примесей. Тепловой узел как технологическая система содержит взаимозависимые элементы, т.е. варьируя конструкцию нескольких элементов, можно получать практически идентичные



условия выращивания монокристаллов.

Принимая, что отвод тепла кристаллизации осуществляется только через кристалл и ряд других допущений, автор [31] приводит следующее уравнение теплового баланса

$$L \frac{dm}{dt} + k_{\text{ж}} A_1 \frac{dT}{dx_1} = k_{\text{тв}} A_2 \frac{dT}{dx_2},$$

где L - удельная теплота плавления; dm/dt - скорость перехода вещества из расплавленного состояния в твердое; $k_{\text{ж}}$, $k_{\text{тв}}$ - коэффициенты теплопроводности расплава и кристалла, соответственно; dT/dx_1 , dT/dx_2 - градиенты температуры в точках 1 и 2 вблизи границы раздела фаз в расплаве и кристалле соответственно; A_1 , A_2 - площади изотерм в тех же точках 1 и 2. Из уравнения (22) можно получить максимальную скорость выращивания кристалла при отсутствии градиента температуры в расплаве

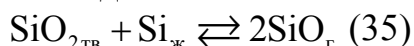
$$v_{\text{max}} = \frac{k_{\text{тв}}}{L \cdot \rho_{\text{тв}}} \frac{dT}{dx},$$

где v_{max} - максимальная скорость выращивания, $\rho_{\text{тв}}$ - плотность кремния в твердом состоянии.

В реальных условиях максимальная скорость выращивания на 30...50 % меньше теоретической. Максимальная скорость выращивания монокристалла заданного диаметра определяется переохлаждением расплава, величина которого связана с кристаллографическим направлением выращивания, наличием дислокаций, концентрацией примесей в расплаве, и температурными градиентами в растущем монокристалле и расплаве. Кроме того, переохлаждение расплава зависит от тепловой системы (включая расположение в ней тигля с расплавом кремния), скорости выращивания и скоростей вращения тигля и кристалла.

Основной примесью в кремнии, выращенных по методу Чохральского, является кислород, отличающийся чрезвычайно сложным поведением. В монокристаллах кремния, выращенных по методу Чохральского, концентрация кислорода может достигать $2 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$ [24], т.е. в ряде случаев она выше концентрации легирующего элемента и ощутимо влияет на электрические и структурные свойства монокристаллов. Различают три интервала содержания кислорода в кремнии: низкое $(5...7) \cdot 10^{17}$, среднее $(7...9) \cdot 10^{17}$ и высокое $(9...10) \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$.

Основным источником кислорода в кремнии является растворяющийся в процессе выращивания монокристалла кварцевый тигель. Взаимодействие расплава кремния и кварца происходит в соответствии с реакцией



Скорость растворения кварца в расплаве составляет $\sim 6 \text{ мг}/(\text{см}^2 \cdot \text{ч})$ в вакууме при остаточном давлении $\sim 0,007 \text{ Па}$ и $2 \text{ мг}/(\text{см}^2 \cdot \text{ч})$ в атмосфере гелия при $\sim 152 \text{ кПа}$ [24]. Различные области тигля растворяются с разными скоростями, и величина скорости растворения с увеличением времени уменьшается. Скорость растворения кварцевого тигля существенно зависит от



состояния его поверхности, содержания примесей в кварце и интенсивности перемешивания расплава. Современный уровень развития технологии позволяет подбором соответствующих условий (газодинамики в ростовой камере, состава атмосферы выращивания, исходного сырья, качества графитовой оснастки) получать бездислокационные монокристаллы с заданной концентрацией углерода в интервале от $1 \cdot 10^{16}$ до $7 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$. Особенно значительно загрязняется расплав при выращивании монокристаллов большого диаметра и длины, т.к. при этом время контакта расплава с тиглем значительно увеличивается и, соответственно, увеличивается и количество переходящей в расплав примеси.

Для устранения этого явления в 1953 году был предложен метод вертикальной бестигельной зонной плавки [32].

В качестве основного метода нагрева, наибольшее распространение получил индукционный метод. Принцип вертикальной бестигельной зонной плавки заключается в следующем. На штоке вертикально закрепляют кремниевый стержень, на нижнем конце которого с помощью индукционного нагревателя создают каплю расплава. В эту каплю расплава вводят затравочный кристалл, размещенный на другом штоке, после чего создают зону расплава.

Главное условие успешного проведения процесса бестигельной зонной плавки – устойчивость зоны расплава. Как уже указывалось выше, зону расплава создают в вертикально расположенном стержне. В этой зоне расплава развивается давление, обусловленное массой расплава. Это давление называется гидростатическим P_r и определяется уравнением

$$P_r = \gamma_{\text{ж}} \cdot g \cdot h,$$

где $\gamma_{\text{ж}}$ – плотность расплавленного кремния, кг/м^3 ; g – ускорение свободного падения, м/с^2 ; h – высота зоны расплава, м.

Зона расплава будет устойчивой (т.е. может обеспечивать процесс плавки), если поверхность расплава выдерживает гидростатическое давление, т.е. поверхность зоны расплава должна обладать определенной силой (энергией), сдерживающей внутреннее (гидростатическое) давление и обеспечивающей устойчивое состояние зоны расплава. Такой силой является поверхностное натяжение.

Давление, создаваемое поверхностным натяжением, P_n , определяется уравнением

$$P_n = \sigma(1/R_1 + 1/R_2),$$

где σ – поверхностное натяжение на границе расплав-атмосфера внутри камеры (для кремния $\sigma=0,72 \text{ Н/м}$ при плавке в аргоне); R_1 и R_2 – радиусы мениска в поперечном и продольном сечениях, м.

Во всех точках зоны расплава P_n должно быть равно по величине и противоположно по направлению давлению P_r , ($P_r = -P_n$).

В результате решения приведенных уравнений получено выражение для максимальной высоты зоны расплава в стержне кремния [33,34]:



$$h_{\max} = 2,8 \cdot \sqrt{\frac{\sigma}{\gamma_{\text{ж}} \cdot g}} = 2,8 \cdot \sqrt{\frac{0,72}{2320 \cdot 9,81}} = 0,015 \text{ м} = 1,5 \text{ см}.$$

Таким образом, поверхностное натяжение на границе расплав - атмосфера аргона обеспечивает возможность создания зоны расплава высотой до 1,5 см при сохранении ее устойчивости.

Необходимая для сквозного проплавления стержня высота зоны расплава определяется формой зоны расплава, теплопроводностью жидкого и твердого кремния, интенсивностью перемешивания расплава, характером выделения энергии на поверхности зоны и твердых частей стержня и условиями теплоотвода с поверхности твердых частей слитка и зоны расплава [35].

Из этого видно, что изменяя условия плавки можно оказывать влияние на высоту зоны расплава.

Необходимая тепловая мощность расходуется только на компенсацию тепловых потерь, обусловленных теплоотдачей с поверхности образца, подвергнутого зонной плавке. В случае если расплавленная зона достаточно удалена от концов образца, предполагается, что вся мощность, необходимая для создания расплавленной зоны, рассеивается с поверхности расплава и участков твердого образца, примыкающих к зоне. При этом влиянием крепящих цанг можно пренебречь и считать образец бесконечно длинным.

При замене тепловых потерь излучением с поверхности образца эквивалентными отрицательными внутренними источниками мощности, равномерно распределенными по сечению, задача сводится к одномерной. Плотность источников мощности при этом по абсолютной величине равна:

$$W = \frac{dW}{dV} = \frac{kT^4 \pi D dx}{\frac{\pi D^2}{4} dx} = \frac{4kT^4}{D},$$

где dW - мощность, выделяемая с поверхности элементарного объема, Вт; $k = \epsilon C_s$ - излучательная способность данного материала, Вт/(см²·град⁴); T - абсолютная температура, К.

При выращивании монокристаллов в различных технологических режимах образуются отличные по форме фронты кристаллизации. В работах [36,37] было установлено, что изменение скорости выращивания монокристалла, а также эксцентриситета верхнего штока приводит к изменению формы фронта кристаллизации от выпуклого в сторону расплава до вогнутого в сторону растущего монокристалла. Изменение формы фронта кристаллизации свидетельствует о существенном изменении тепловых условий выращивания. При анализе тепловых условий следует учитывать также тепловые потоки, возникающие в расплаве. Различают 4 вида потоков, возникающих в зоне расплава при бестигельной зонной плавке:

1. Потоки, вызванные разницей температур в зоне расплава - термоконвективные потоки.
2. Потоки, вызванные гидродинамическими силами - гидродинамические потоки.
3. Потоки, вызванные действием силового поля индуктора -



электродинамические потоки.

4. Потоки, вызванные различным поверхностным натяжением в различных точках поверхности расплава - термокапиллярные потоки (эффект Марангони).

Термоконвективные потоки создаются градиентом температуры в объёме расплава, что приводит к различию плотности расплава по высоте. При этом, как видно из рисунка, горячий расплав, находящийся вблизи индуктора, поднимается вверх, омывает плавящийся кристалл и охлажденный опускается в центре зоны расплава к фронту кристаллизации. Термоконвективные потоки могут быть усилены, если твердые части кристалла будут вращаться. Возникающие при этом гидродинамические потоки, вызванные центробежными силами, могут значительно изменить картину конвективных потоков в расплаве и повлиять на устойчивость зоны расплава.

Электродинамические потоки в зоне расплава возникают в результате силового воздействия электромагнитного поля индуктора. При этом, в зависимости от взаимного расположения индуктора и зоны расплава, могут возникать и другие по характеру потоки, что также сказывается на устойчивости зоны расплава и на распределение примеси на фронте кристаллизации.

По высоте зоны на поверхности расплава изменяется поверхностное натяжение. Это явление является результатом температурной зависимости поверхностного натяжения. Потоки, возникающие при этом, направлены всегда от более низкого к более высокому поверхностному натяжению. Эти потоки получили название термокапиллярные потоки. Как было установлено, направление этих потоков противоположно электродинамическим потокам и могут их, в некоторой степени, компенсировать. Учёт имеющихся данных о потоках в зоне расплава позволит стабилизировать условия плавки и повысить воспроизводимость процесса выращивания монокристаллов.

5. Структурное совершенство монокристаллов кремния

Прогресс, достигнутый в развитии технологии выращивания монокристаллов, позволил в настоящее время избавиться от линейных, двумерных и большей части объёмных дефектов. Однако, исследования выращенных бездислокационных монокристаллов кремния показали, что они содержат структурные микродефекты – скопления точечных дефектов и атомов примеси. Наличие в монокристалле таких дефектов приводит либо к резкому ухудшению качества таких видов приборов, как тиристоры, интегральные схемы, фотоприёмники, силовые диоды и др. или вообще делает невозможным изготовление этих приборов.

Современный уровень развития микро- и нанoeлектроники предъявляет высокие требования к качеству монокристаллического кремния, используемого в качестве основного материала электронной промышленности. На сегодняшний день накоплен обширный экспериментальный материал о природе, структуре и поведении микродефектов в монокристаллах кремния. Впервые микродефекты были проанализированы и классифицированы в работе [38]. На основе результатов металлографического и рентгеновского анализа



были введены понятия о двух типах микродефектов в зависимости от их размеров и концентрации. А –микродефекты имеют более крупные ямки травления и меньшую концентрацию (10^6 см^{-3}), а В-микродефекты имеют более мелкие ямки травления, но более высокую концентрацию (10^7 см^{-3}). Дальнейшие исследования дефектной структуры монокристаллов кремния, выращенных в режиме повышенных скоростей (более 5 мм/мин) показали, что в них присутствуют микродефекты С- и D-типа с еще более мелкими ямками травления в концентрации $10^{10} \dots 10^{11} \text{ см}^{-3}$ [39]. Позднее было определено, что С-микродефекты представляют собой форму распределения D-микродефектов, связанную с резким изменением тепловых условий роста кристаллов кремния [40]. По мере появления дополнительных данных о природе микродефектов изменялась и их классификация.

Современная классификация микродефектов в монокристаллическом кремнии. В соответствии с общепринятой в настоящее время классификацией микродефекты подразделяются на дефекты А-, В- и D-типа. Микродефекты А- и В-типа образуются при сравнительно низких скоростях выращивания ($\leq 3 \dots 4$ мм/мин), дефекты D-типа – при высоких (≥ 5 мм/мин).

На сегодняшний день многочисленными экспериментами установлено, что микродефекты А-типа являются дислокационными петлями внедренного типа [41-43], расположены в плоскостях $\{110\}$ и $\{111\}$ и, как правило, сильно декорированные атомами остаточных примесей [43]. Размер петель зависит от скорости роста кристалла. Так, при $V=1$ мм/мин дислокационные петли имеют размеры до 20 мкм, а с увеличением скорости до 3 мм/мин их размер уменьшается до $1 \dots 4$ мкм [43]. А-микродефекты могут генерировать дислокации.

В работе [43] впервые показано, что микродефекты В-типа также являются дефектами внедрения с размерами 15–45 нм и концентрацией $\sim 10^{10} \text{ см}^{-3}$. Они имеют ромбовидную или квадратную форму со сторонами по направлениям $[110]$ и $[100]$, и лежат в основном в плоскости $\{100\}$. Эти микродефекты являются преципитатами (выделениями), состоящими из собственных межузельных атомов кремния и атомов примесей кислорода и углерода.

Микродефекты D-типа – дефекты внедрённого типа с размерами 5–60 нм. Эти микродефекты являются скоплениями частиц SiO_2 и образуются при скорости выращивания ≥ 5 мм/мин [44]. Микродефекты D'-типа самые мелкие микродефекты с размерами 3,5 нм [44]. Это микропреципитаты, образующиеся в результате взаимодействия вакансий и атомов остаточного кислорода с образованием кристаллической и аморфной фаз типа SiO_2 . Микродефекты D_c-типа являются зародышами микродефектов D-типа. Установлено, что D - микродефекты являются также дефектами внедренного типа; их концентрация составляет 10^{13} см^{-3} , размер 5–10 нм [44].

Образование микродефектов связано с диффузией точечных дефектов и примесей и, следовательно, определяется температурой и временем пребывания монокристалла при данной температуре. С этим связано многообразие размеров и характера распределения микродефектов в монокристаллах даже имеющих одинаковый состав примесей, но выращенных в различных тепловых условиях.



Исследование влияния различных внешних воздействий на структурное совершенство выращенных кристаллов кремния, анализ причин и механизмов трансформации дефектов кристаллической структуры в перспективе могут дать возможность управлять структурой и свойствами исходных монокристаллов кремния на любом этапе промышленного производства.

Влияние тепловых условий выращивания монокристаллов.

Исследование процессов дефектообразования в монокристаллах кремния с помощью электронной микроскопии позволило авторам работ [45,46] установить, что образование А и В- микродефектов усиливается примесью углерода и замедляется примесью кислорода, образование же D-микродефектов подавляется примесью углерода, а при легировании кислородом их распределение становится полосчатым. Экспериментально подтверждено, что образование А- и В- микродефектов в бездислокационных монокристаллах кремния связано с наличием градиента температуры в растущем монокристалле и повышенной концентрацией примеси, а области распределения D-микродефектов характеризуются пониженной концентрацией примеси [47]. Следствием осаждения примесей на микродефектах является возрастание их электрической активности [44].

В работе [48] разработана математическая модель, связывающая распределение плотности микродефектов и равномерность распределения кислорода вдоль длины выращиваемого монокристалла с температурой расплава, скоростью выращивания, осевым температурным градиентом. Уравнение, описывающее плотность микродефектов в монокристаллах кремния в процессе выращивания с учетом влияния величины относительного осевого температурного градиента А и относительной скорости выращивания В, имеет следующий вид [48]

$$N = 142,34 - 149,79 A - 1,8352 B + 167,956 A^2 + 42,0817 B^2.$$

Решение данного уравнения показало, что существенное влияние на распределение плотности микродефектов оказывает осевой температурный градиент. Использование такой модели позволяет определять требуемые значения скорости выращивания и осевого температурного градиента уже на начальной стадии технологического процесса выращивания монокристаллов кремния большого диаметра. Проведенные в работе [48] исследования влияния тепловых условий ростовой установки на распределение плотности микродефектов в монокристаллах кремния позволили определить диапазон значений осевого температурного градиента в пределах от 50 до 93 К/см и скорости выращивания V в пределах от 0,33 до 0,8 мм/мин, обеспечивающие получение монокристаллов кремния с неравномерностью распределения плотности микродефектов по длине монокристалла, не превышающей 8 дефектов на см².

Влияние температурных условий выращивания на процессы дефектообразования в монокристаллах кремния было экспериментально изучено в работе [44]. Для определения температуры образования различных типов микродефектов автором были проведены эксперименты по выращиванию монокристаллов при различных скоростях с фиксацией начальных стадий



образования микродефектов путем закалки. Закалка проводилась методом декантации расплавленной зоны.

Проведенный расчет температурных полей в растущем кристалле кремния позволил установить взаимосвязь между скоростью растущего монокристалла, осевым температурным градиентом и скоростью охлаждения слитка

$$\frac{dT}{dt} = \frac{dT}{dz} \cdot \frac{dz}{dt}.$$

Результаты расчета зависимости скорости охлаждения слитка от осевого температурного градиента для различных скоростей роста монокристалла приведены на рис.1. Сопоставление результатов расчетов с результатами металлографических исследований позволили автору работы [44] определить температуры образования различных микродефектов в зависимости от тепловых условий выращивания монокристалла кремния (табл.5.1).

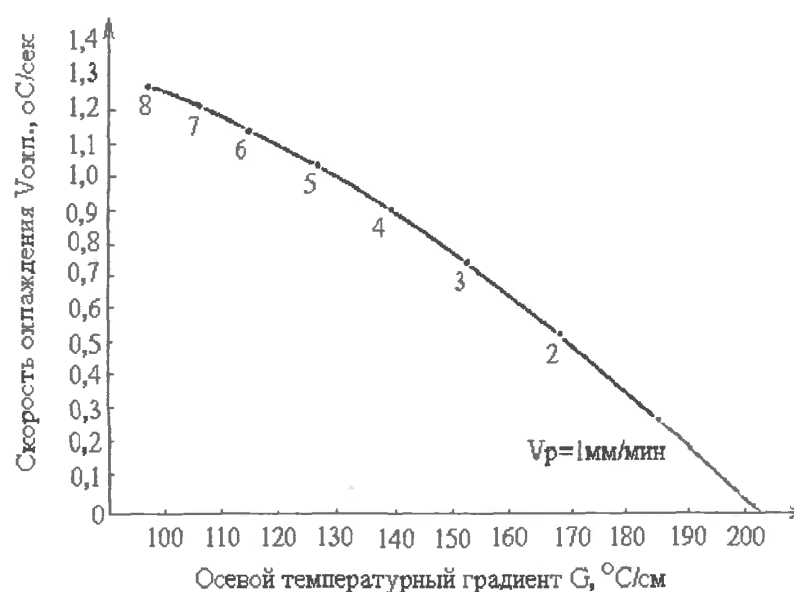


Рис.5.1 - Зависимость скорости охлаждения слитка от осевого температурного градиента для различных скоростей роста монокристалла [44]

Как известно, свирл-дефекты являются наиболее крупными дефектами и представляют собой скопления микродефектов А и В типа в виде спиралевидных полос в поперечном сечении монокристалла [47]. Исследование условий охлаждения монокристаллов различных диаметров, выращенных без подогрева, показало, что монокристаллы большего диаметра при равной скорости выращивания, имеют меньший осевой градиент температуры и условия выращивания монокристаллов без свирл-дефектов обеспечиваются для них при меньшей скорости выращивания [44]. При этом для определённой величины градиента температуры в растущем монокристалле существует своя минимальная скорость выращивания, при достижении которой и превышении её создаются условия выращивания монокристаллов без свирл-дефектов.

Экспериментально установлено, что их образование связано с диффузионными процессами, т.е. для их образования необходимы время и



соответствующая температура. Увеличение градиента температуры приводит к увеличению диффузионного потока и, следовательно, способствует ускорению диффузионных процессов. Поэтому, чем выше градиент температуры, тем выше необходимая скорость охлаждения монокристалла, при которой сокращается время на протекание диффузионных процессов для образования свирл-дефектов. Следовательно, снижение градиента температуры приводит к возможности выращивания монокристаллов без свирл-дефектов при меньшей скорости выращивания монокристаллов.

Таблица 5.1

**Рассчитанные значения температур образования микродефектов
различного типа [44]**

Скорость роста V_p , мм/мин	Условия выращивания	Тип микродефектов	Расстояние от фронта кристаллизации, мм	Температура образования, С
2	Закалка	A,B	23	$T_A=1100$
3	Закалка	A,B	25	$T_B=1380$
5	Закалка	D	26	$T_D=1150$
6	Остановка 60 мин	D	27	$T_D=1150$
6	остановка 30 мин +закалка	D	26	$T_D=1150$

Модель, предложенная в работе [44], хорошо зарекомендовала себя в промышленной технологии выращивания бездефектного монокристаллического кремния, в настоящий момент проблема устранения свирл-дефектов на производстве полностью решена.

Влияние радиационной обработки монокристаллов. Процессы образования радиационных дефектов в полупроводниках рассматривались во многих работах, их обзор приведен в монографии [49]. Экспериментальные исследования взаимодействия радиационных дефектов с конкретными видами микродефектов были проведены в работе [44]. Монокристаллы кремния, легированные фосфором ($1 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-3}$), с различными видами микродефектов облучались потоком электронов с энергией 3,5 МэВ и интегральным потоком $5 \cdot 10^{14} \dots 5 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-3}$ при температуре не более 60 °С. Была обнаружена различная рекомбинационная активность микродефектов А- и D-типа, а также их различное поведение с точки зрения накопления радиационных дефектов в результате электронного облучения. Микродефекты А-типа почти полностью утратили рекомбинационную активность, в то же время рекомбинационная активность D-микродефектов практически не изменилась. Схемы возможных механизмов взаимодействия радиационных дефектов с А- и D- микродефектами приведены на рис.2.

Достаточно высокая концентрация введенных облучением вакансий (V^-) и междоузельных атомов I_{Si} (10^{14} см^{-3}) способствует нейтрализации рекомбинационного поля в окрестности А-микродефектов, оставшееся количество вакансий рекомбинирует с междоузельными атомами кремния [44]. Это происходит вследствие захвата вакансий А-микродефектами,



представляющими собой дислокационные петли и создающими в кристаллической решетке деформации сжатия. Междоузельные атомы кремния I_{Si} рекомбинируют с оставшимися вакансиями V^- , а также с атомами углерода C_s , концентрация которых в кристаллах кремния, выращенных методом бестигельной зонной плавки (БЗП) достаточно велика (10^{16} см^{-3}).

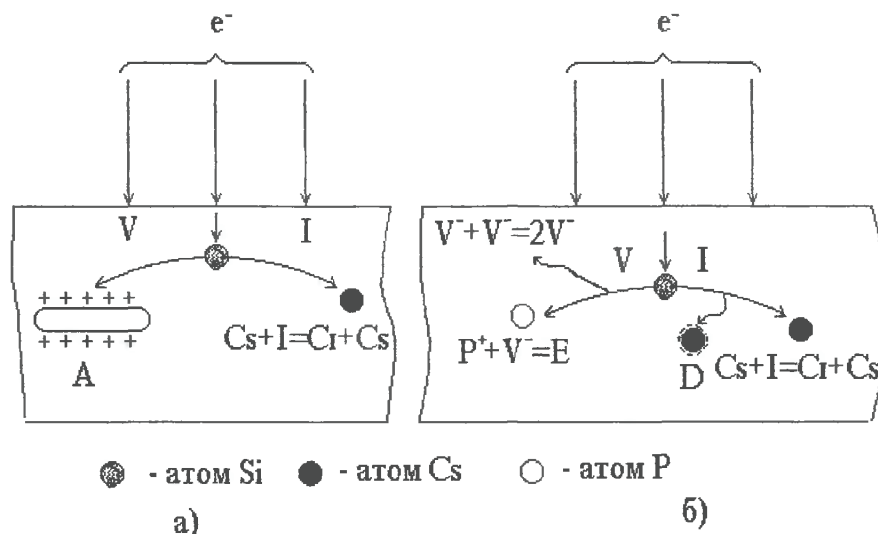


Рис.5.2 - Механизмы взаимодействия радиационных дефектов при облучении электронами монокристаллов кремния с ростовыми А-микродефектами (а) и D- микродефектами (б) [44]

Механизм сохранения электрической активности D-микродефектами при радиационном воздействии, по мнению автора работы [44] , состоит из трех составляющих:

- 1) кулоновское взаимодействие вакансий V^- с положительными ионами легирующей примеси фосфора с образованием так называемых Е-центров,
- 2) образование дивакансий,
- 3) взаимодействие собственных междоузельных атомов кремния с остаточным углеродом.

Анализ результатов экспериментов, проведенных в работе [44], показал, что в зависимости от типа ростовых микродефектов в исходных монокристаллах кремния при их облучении наблюдается различная концентрация радиационных дефектов. Этот факт подтвердил предположение о различной физической природе А- и D-микродефектов.

Методом двухкристальной рентгеновской дифрактометрии в работе [50] исследованы структурные изменения в кристаллах кремния Cz-Si до и после облучения высокоэнергетическими электронами ($E = 18$ МэВ). Исходные монокристаллы содержали высокую концентрацию кластеров и дислокационных петель. Исследована динамика изменения концентраций и размеров нескольких типов взаимосвязанных доминирующих дефектов (сферические и дископодобные кластеры, дислокационные петли) до и после облучения кристаллов.

Для интерпретации экспериментальных данных авторами [50] использована обобщенная динамическая теория дифракции рентгеновских волн



в реальных кристаллах с хаотически распределенными микродефектами различных типов и нарушенным приповерхностным слоем. В работе [50] установлено, что структурные изменения в монокристаллах Cz-Si после высокоэнергетического облучения связаны с изменением размеров и концентраций доминирующих типов дефектов. Определено также, что при высоком уровне облучения монокристаллов кремния происходит уменьшение концентрации дискообразных кластеров и дислокационных петель и увеличение их размеров при росте концентрации мелких сферических кластеров.

Особый интерес вызывает одно из новых направлений технологии получения однородных по распределению фосфора монокристаллов кремния – метод нейтронного трансмутационного легирования (НТЛ), предложенный в работах [51,52] и основанный на реакции трансмутации кремния при воздействии на него тепловых нейтронов ($E_n=100$ кэВ). Для этих целей используют исследовательские атомные реакторы либо реакторы атомных электростанций, имеющие высокую плотность и достаточную однородность потока тепловых нейтронов. Важным фактором при проведении НТЛ является структурное совершенство исходного монокристалла кремния.

Исследование влияния нейтронного легирования и последующего отжига (при 850°C в течение 2 часов) на структуру монокристаллов кремния, содержащих все известные типы микродефектов, было проведено в работе [44]. Анализ электрофизических параметров монокристаллов до и после НТЛ показал, что микродефекты А- и D-типов проявляют разную электрическую активность по отношению к радиационным дефектам, вводимым при нейтронном облучении. После НТЛ и относительно низкого температурного отжига происходит эффективный процесс дефектообразования, приводящий даже к появлению свирл- дефектов [44].

Определяющее влияние на этот процесс оказывает присутствие в кристаллах атомов остаточных примесей углерода и кислорода. Результаты экспериментов подтвердили, что нейтронное облучение монокристаллов кремния способствует увеличению концентрации исходных микродефектов и постепенной их трансформации из одного типа в другой с участием атомов примесей.

Влияние магнитных полей. Влияние постоянного магнитного поля на структуру, механические и электрофизические параметры монокристаллического кремния были изучены в работе [53]. В качестве исходных материалов выбраны образцы монокристаллического полупроводникового кремния, выращенного по методу Чохральского (Cz-Si), нелегированные и легированные Hf, Zr, Mg, Al, в количестве от $2 \cdot 10^{-4}$ до $8,7 \cdot 10^{-2}$ % ат. Кремний подвергали обработке в постоянном магнитном поле с индукцией 0,07 Тл. Экспозиция образцов составляла 240 и 720 часов.

Анализ экспериментальных результатов выявил влияние слабого магнитного поля на структуру, механические и электрофизические свойства исследуемых полупроводниковых материалов, а именно: увеличение плотности дефектов внутреннего строения, значительное повышение микротвердости и



деградацию электрофизических свойств образцов. При этом снижение электрофизических свойств исследованных образцов после выдержки в постоянном магнитном поле находится в корреляционной зависимости с изменением микроструктуры исследованных образцов.

Интересным результатом обработки монокристаллического кремния постоянным магнитным полем явилось формирование поликристаллической структуры за счет образования большого количества межзеренных границ специального типа. Дальнейшее экспонирование в постоянном магнитном поле способствовало некоторому уменьшению размеров зерен.

Авторы [53] предполагают, что формирование поликристаллической структуры образцов нелегированного кремния под воздействием постоянного магнитного поля обусловлено изменением волновых функций валентных электронов, которые в свою очередь вызывают изменения направлений, в которых реализуется ковалентная связь. Перестройка направлений ковалентной связи приводит к изменению типа кристаллической решетки кремния, то есть происходит фазовое превращение.

Вероятной причиной формирования большого количества двойников в структуре является образование в определенных объемах образца ромбической фазы кремния со сдвижным механизмом [54]. То, что в нелегированном кремнии сдвиговые преобразования $\text{Si}_{\text{ГЦК}} \leftrightarrow \text{Si}_{\text{РОМБ}}$ происходят при температурах выше 350°C говорит о том, что в данном случае оно обусловлено исключительно влиянием магнитного поля.

По мнению авторов [53], все указанные выше легирующие элементы повышают критические температуры фазовых превращений в кремнии, а также стабилизируют высокотемпературную $\text{Si}_{\text{ОЦКП}}$ фазу, тем самым исключая низкотемпературные оползнево-диффузионные фазовые превращения и формирование двойников в структуре.

Авторами работы [53] определено, что влияние постоянного магнитного поля в течение 240 или 720 часов не только нивелирует влияние легирующих элементов на энергию взаимодействия атомов кремния, но и способствует облегчению оползневого и оползнево-диффузионного фазовых превращений в кремнии. При этом средние значения микротвердости как матрицы, так и структурных дефектов повышаются в образцах нелегированного кремния и кремния, легированного магнием и гафнием. Напротив, уменьшение средних значений микротвердости матрицы и структурных составляющих наблюдается на образцах кремния, легированного алюминием и цирконием. Таким образом, в работе [53] установлено, что использование магнитного поля позволяет управлять свойствами полупроводникового кремния за счет ликвидации или торможения оползневых и оползнево-фазовых диффузионных преобразований.

Механизмы образования микродефектов. Автором [55] было высказано предположение о возможности образования микродефектов как по вакансионному, так и по междоузельному механизмам. В результате протекания диффузионных процессов и аннигиляции вакансий и междоузельных атомов, в зависимости от величины отношения скорости выращивания V и градиента температуры G в охлаждаемом монокристалле



может создаваться избыточная концентрация или вакансий C_v или междоузельных атомов C_i . Если соотношение V/G меньше определенной критической величины J ($J=V/G=3,3 \cdot 10^{-5} \text{ см}^2/(\text{К} \cdot \text{с})$), то образуются микродефекты вакансионного типа V_i . Если соотношение V/G больше J , то образуются микродефекты междоузельного типа, проходящие последовательно следующие превращения: микродефекты В-типа $\rightarrow$ микродефекты А-типа. В случае, если соотношение V/G равно J , то в монокристалле не должны образовываться микродефекты. Автором работы [56] были обобщены полученные результаты и предложена модель образования микродефектов, основанная на взаимодействии вакансий и междоузельных атомов с атомами кислорода и углерода.

Автором работы [44] предложен следующий механизм образования микродефектов, который учитывает как процессы рекомбинации точечных дефектов, так и взаимодействие примесей с определенным типом точечных дефектов. Согласно [55], при высокой скорости выращивания ($\geq 5 \text{ мм/мин}$) имеет место избыток вакансий в кристалле, результатом чего является ускоренный процесс комплексообразования кислородно-вакансионных ассоциатов. Так как межузельные атомы кислорода O_i очень подвижны при избытке вакансий, то комплексообразование происходит за счет ухода межузельного кислорода в замещающее положение O_s . Понижение температуры способствует процессу скопления примесных атомов, причем атомы кислорода в замещающем положении O_s играют роль центров микропреципитатов – возникают **D'**-микродефекты. Это области по составу приближающиеся к SiO_2 .

При большой скорости выращивания (более 8 мм/мин) атомы кислорода и кремния не успевают перестроиться в кристаллическую фазу. В результате образуются **D'**-микродефекты с аморфной структурой. Это аналогично общеизвестному эффекту образования аморфной фазы целого ряда веществ при сверхбольших скоростях кристаллизации. При скорости выращивания $5,6 \text{ мм/мин}$ образуются **D'**-микродефекты с кристаллической структурой. Росту **D'**-микродефектов и переход их в **D**-микродефекты будет способствовать избыток вакансий при данных условиях роста, ибо при образовании одной молекулы SiO_2 возникает избыток объема, равный объему одного атома кремния. Этот избыток объема будет скомпенсирован путем захвата вакансии границей раздела между микропреципитатом и матрицей (кремнием).

Подтверждением предлагаемого механизма, по мнению автора [44], является то, что эти дефекты являются дефектами внедренного типа. В-микродефекты образуются при выращивании монокристаллов со скоростью $\leq 3 \text{ мм/мин}$. В этом случае, согласно критерию [55], кристалл пересыщается собственными межузельными атомами кремния. При выращивании монокристаллов с такой скоростью атомы углерода, находящиеся в замещающем положении, играют роль катализатора в образовании центров преципитации, т.к. области вокруг атомов углерода являются наиболее благоприятными для расположения межузельных атомов кремния.



Пересыщение по собственным межузельным атомам кремния, а также достаточно большое количество атомов углерода ($5 \cdot 10^{15} \dots 1 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$) приводит к образованию комплексов, состоящих из атома углерода в замещающем положении и межузельного атома кремния ($C_s + I_{Si} \rightarrow [C_s Si]$) [44].

Кроме этого, пересыщение по межузельным атомам кремния (I_{Si}) уменьшает критический радиус $[C_s Si]$ –зародышей и ускоряет диффузию атомов углерода в замещающем положении (C_s). Более того, пересыщение по I_{Si} , ускоряя диффузию C_s , может приводить к совместной преципитации O_i (атомов кислорода в межузельном положении) и C_s (атомов углерода в замещающем положении) [57].

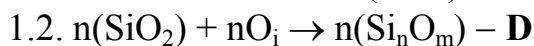
Таким образом, по мнению автора работы [44], процесс комплексообразования, приводящий к зарождению **В**-микродефектов, может быть описан схемой



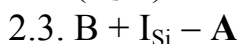
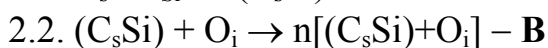
Условно можно считать, что **В**-микродефекты являются оксикарбидами кремния. Рост **В**-микродефектов будет приводить к эмиссии собственных межузельных атомов кремния I_{Si} в матрицу, и в результате становится возможным образование межузельных дислокационных петель – микродефектов **А**-типа. В свою очередь на дислокационных петлях осаждаются атомы примесей [58].

Описанный выше механизм образования микродефектов можно представить следующей схемой:

1. При избытке вакансий (**V**) для скорости роста ≥ 5 мм/мин



2. При избытке межузельных атомов кремния (I_{Si}) для скорости роста ≤ 3 мм/мин



При выращивании монокристаллов кремния с промежуточной скоростью (от 3 мм/мин до 5 мм/мин), когда в кристалле одновременно имеется пересыщение и вакансиями и межузельными атомами кремния, происходит сложный процесс комплексообразования на основе приведенной выше схемы (позиции 1.1; 1.2; 2.1 и 2.2). Важно при этом подчеркнуть, что присутствующие в кристалле примеси, не только участвуют в образовании микродефектов, но и являются определяющим фактором в их возникновении и развитии.

Таким образом, все типы микродефектов имеют межузельный характер и образуются в результате взаимодействия точечных дефектов с атомами кислорода, углерода и других примесей. Из этого следует, что в принципе высокосоввершенные (без микродефектов **А**-, **В**- и **Д**-типа) монокристаллы кремния можно получить путём использования сверхчистого исходного поликристаллического кремния, проведения процесса выращивания с



соблюдением мер по недопущению попадания примесей в расплавленную зону (стерильность процесса), а также подавления процессов взаимодействия избыточных точечных дефектов с атомами остаточных примесей за счёт выбора оптимальных технологических параметров при выращивании монокристаллов.

Авторами работы [59] предложен механизм образования и трансформации микродефектов на основе кинетической модели роста и коалесценции преципитатов кислорода и углерода. Представлена схема единой модели процесса преципитации во время охлаждения бездислокационных монокристаллов кремния после выращивания в температурном интервале (1410-30)°C. По мнению авторов [59], такая модель преципитации совместно с кинетическими моделями образования и роста межузельных дислокационных петель и вакансионных микропор может быть представлена математическим аппаратом, который позволяет теоретически описывать процессы образования и трансформации ростовых микродефектов в бездислокационных монокристаллах кремния любого диаметра, полученных с помощью методов БЗП и Чохральского.

Влияние туннельного эффекта кристаллизации. В процессе выращивания монокристаллов кремния методом бестигельной зонной плавки была установлена возможность увеличения скорости кристаллизации за счет создания высоких градиентов температуры в области фазового перехода. Такой прием выращивания авторы работы [60] объяснили эффектом «туннельной» кристаллизации кремния, заключающееся в том, что при высоких градиентах температуры в области фазового перехода первого рода происходит скачкообразный («туннельный») переход плотности кремния в жидкой фазе от 2,53 г/см³ до 2,33 г/см³ - в его переохлажденной области вблизи фронта кристаллизации, минуя максимальное ее значение при температуре, несколько превышающей температуру плавления.

При рассмотрении влияния примесей на образование структурных дефектов туннельный эффект кристаллизации оказывает положительное действие при устранении стратовой (полосчатой) неоднородности, как элемент накопления примесей у фронта кристаллизации и последующего образования структурных дефектов [61]. При кристаллизации моноатомного слоя кремния только часть примеси из расплава (при условии равномерного распределения примеси в объеме расплава и в соответствии с коэффициентом распределения примеси) усваивается растущим кристаллом. Остальная часть примеси (не усвоенная растущим кристаллом) остается в расплаве, обогащая прифронтовую область расплава.

При кристаллизации второго слоя кремния растущим кристаллом усваивается примесь из обогащенного примесью расплава после кристаллизации первого атомного слоя и т. д. Таким образом в прифронтовой области расплава происходит пошаговое накопление примеси и образование области концентрационного переохлаждения, включая возможное увеличение концентрации примеси до критического значения – достижения условий возникновения самостоятельной второй фазы, исходя из условий образования



самостоятельных соединений на основе кремния и примеси или самостоятельных фаз на основе межпримесного взаимодействия. Для устранения или значительного снижения характеристик страт, предлагается применять режимы выращивания монокристаллов при высоких значениях градиента температуры, что исключит накопление примеси у фронта кристаллизации и обеспечит однородное ее распределение по объему монокристалла. В процессе выращивания монокристалла кремния на его поверхности, контактирующей с расплавом, вследствие обрыва периодичности кристаллической решетки образуется высокая концентрация ненасыщенных межатомных связей [62]. Присоединение к атомной ступеньке на поверхности растущего кристалла не только отдельных атомов, но и их группировок с уже сформированной тетраэдрической ориентацией ковалентных связей способствует ускоренному росту кристалла без образования таких протяженных структурных дефектов, как дислокации, дефекты упаковки и двойники, но с повышенной вероятностью образования вакансий в кристаллической решетке. При охлаждении монокристалла вакансии выделяются из твердого раствора в решетке, образуя микродефекты вакансионного типа (D-микродефекты), что наблюдалось в экспериментах [63].

По результатам выполненного исследования установлена высокая чувствительность структурного совершенства монокристаллов кремния в зависимости от воздействия внешних источников энергии. Образование структурных дефектов при воздействии теплового поля связано с диффузионными процессами и для их образования необходимы время и соответствующая температура. При радиационной обработке монокристаллов определяющее влияние на дефектообразование оказывает присутствие в кристаллах атомов остаточных примесей углерода и кислорода. При этом нейтронное облучение монокристаллов кремния способствует увеличению концентрации исходных микродефектов и постепенной их трансформации из одного типа в другой с участием атомов примесей. Использование магнитного поля позволяет управлять свойствами полупроводникового кремния за счет ликвидации или торможения оползневых и оползнево-фазовых диффузионных преобразований. Использование эффекта туннельной кристаллизации обеспечивает устранение влияния примесного состава монокристалла и создает условие выращивания монокристаллов с равномерным распределением только вакансионных дефектов.

Заключение и выводы.

Были рассмотрены исторические этапы открытия кремния и технологические этапы производства кремния от металлургического кремния до выращивания монокристаллического кремния с совершенной структурой.

По результатам выполненного исследования установлена высокая чувствительность структурного совершенства монокристаллов кремния в зависимости от воздействия внешних источников энергии. Образование структурных дефектов при воздействии теплового поля связано с диффузионными процессами и для их образования необходимы время и соответствующая температура. При радиационной обработке монокристаллов



определяющее влияние на дефектообразование оказывает присутствие в кристаллах атомов остаточных примесей углерода и кислорода. При этом нейтронное облучение монокристаллов кремния способствует увеличению концентрации исходных микродефектов и постепенной их трансформации из одного типа в другой с участием атомов примесей. Использование магнитного поля позволяет управлять свойствами полупроводникового кремния за счет ликвидации или торможения оползневых и оползнево-фазовых диффузионных преобразований. Использование эффекта туннельной кристаллизации обеспечивает устранение влияния примесного состава монокристалла и создает условие выращивания монокристаллов с равномерным распределением только вакансионных дефектов.

Литература

1. Ulmann's Enzyklopädie der technischen Chemie, 8d.21. – Weinheim: Verlag Chemie. - 1982. - S. 417-543.
2. Яркий, В. Н. Кремний для солнечной энергетики: конкуренция технологий, влияние рынка, проблемы развития / В.Н. Яркий, О.А. Кисарин, Ю.В. Реков, И.Ф. Червонный // Теория и практика металлургии, 2010. - № 1-2 (74-75). – С. 114-126.
3. Wacker Chemie метит на лидирующие позиции на рынке поликремния [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://news.metalloprokat.com.ua>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. русск. – выборка 01.07.2012.
4. iSuppli warns over solar industry supply chain inventory build, 28 July 2009 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.pv-tech.org>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. англ. – выборка 01.07.2012.
5. Polysilicon problems to persist, according to new report from Bernreuter Research, 16 April 2010, [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.pv-tech.org/news/a/polysilicon_problems_to_persist_according_to_new_report_from_bernreuter_res, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. англ. – выборка 30.06.2012.].
6. Campillo, J. Foster S. Global solar photovoltaic industry analysis with focus on the Chinese market, The Departamed of Public Technology Mälardolen University Västeras, Sweden, 14.05.2008.
7. Червонный, И. Ф. Современные технологии производства материалов [Текст] / И. Ф. Червонный, Ю. В. Реков, С. Г. Егоров, О. П. Головко, Р. Н. Воляр, Ю. В. Головко // Перспективы развития техники и технологий в XXI веке. В 2 книгах. К. 1 : МОНОГРАФІЯ / под. общ. ред. С.В. Куприенко : SWorld. – Одесса: Куприенко С.В. 2012 – 177 с. – Гл. 1. – С. 6-23.: ил., табл. Бібліогр.: с. 166-176. – 150 прим. – ISBN 978-966-2769-03-6.
8. Chervony, I. F. Process planning of polysilicon [Электронный ресурс] / I. F. Chervony, Y. V. Rekov, O. P. Golovko, S. G. Egorov, Y. V. Golovko, R. N. Volyar // Author(s), "Title of Paper," in Modern scientific research and their practical application, edited by Alexandr G. Shibaev. Sergiy V. Kuprienko, Alexandra D. Fedorova. Vol. J21208 (Kupriyenko Sergiy Vasilyovich, Odessa, 2012) Article CID Number. – ISSN 2227-6920. – Том 8. – Р. 137-162. Режим доступа: <http://www.sworld.com.ua/index.php/ru/e-journal/the-content-of-journal/j212/13776-j21208>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. англ. – выборка 10.07.2012.]
9. Шве́ц, Е. Я. Технологии и материалы солнечной энергетики / Евгений Яковлевич Шве́ц. – Запоріжжя: ЗДІА, 2007. – 239 с. - Библиограф.: с. 229-238. – ISBN 978-966-7101-83-1.
10. Шве́ц, Е. Я. Монокристаллический кремний – основной материал для солнечных элементов / Е.Я. Шве́ц / Металургія. Збірник наукових праць. - Запоріжжя: ЗДІА, 2006. – Вип. 14. – С. 120-127.



11. Muller, A. Schleppende Versorgung mit Rohmaterial bremst Solarboom. – München: Chemische Rundschau. – 2007. - N5. - S. 26-29.
12. Schulze, F. W. Solarsilizium: Marktentwicklung, Technologie, Perspektiven. – Erfurt: PV Silicon AG. – 2006. – 32 S.
13. Report polysilicon 2008 summary [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.sagenconceptsonline.com/docs/report_2.pdf, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. англ. – выборка 11.02.2009.
14. Jager-Waldau, A. PV Status Report 2008 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.jrc.ec.europa>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. англ. – выборка 11.02.2009.
15. Mitsubishi Material Corp., Annual Report 2008.
16. Osaka Titanium Technologies Co Ltd. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.osaka-ti.co.jp/e/product/silicon/index.html>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. англ. – выборка 01.07.2012.
17. Recsilicon. Limited New Polysilicon Capacity Expansion 2017-2019
<http://hugin.info/136555/R/2079067/782652.PDF>
18. Industry Suppliers. 2015 Poly and wafer rankings
http://www.bernreuter.com/fileadmin/user_upload/library/2015-poly-and-wafer-rankings_pv-magazine-04-2016.pdf
19. Реков, Ю. В. Оптимизация процесса выращивания кремниевых основ для производства поликристаллического кремния [Текст] / Ю.В. Реков, И.Ф. Червоний, С.Г. Егоров, О.А. Кисарин, Р.Н. Воляр // Восточно-Европейский журнал передовых технологий, 2011. - № 3/5 (51). – С. 15-19.
20. Фомина, О. Перспективы производства кремния в Украине
<http://news.bau.ua/20110426/perspektivy-proizvodstva-kremnija-v>
21. Савицкий, А. Кремниевый «козырь». <http://www.day.kiev.ua/292980/>
22. Metallurgical grade-silicon (MG-SI) manufacturing technique.
http://www.displaybank.com/_eng/research/print_contents_m.html?cate=column&id=3808
23. Гасик, М. И. Электротермия кремния [Текст] / М. И. Гасик, М. М. Гасик . – Днепропетровск: Национальная металлургическая академия Украины, 2011. - 487 с. Библиогр.: с. 475-479. – 300 экз. – ISBN 978 966 2596-00-7
24. Фалькевич, Э. С. Технология полупроводникового кремния [Текст] / Э. С. Фалькевич, Э. О. Пульнер, И. Ф. Червоний, Л. Я. Шварцман, В. И. Яркий, И. В. Салли. – М. : Металлургия, 1992. - 408 с. – Библиогр.: с. 399-407. – 1170 экз. – ISBN 5-229-00749-0.
25. Червоний, І. Ф. Напівпровідниковий кремній: теорія і технологія виробництва: монографія / [І. Ф. Червоний, В. З. Куцова и др.]; під заг. ред. І. Ф. Червоного. – Вид. 2-е, допр. і перер. – Запоріжжя: Видавництво ЗДІА, 2009. – 488 с. : ил., табл. – Бібліогр. : С. 446-484. – ISBN 978-966-8462-24-5.
26. Hilary Flynn, Travis Bradford. Polysilicon. Supply, Demand, et Implication for the PV Industry [Электронный ресурс] / Режим доступа : <http://pdfbest.com/09/0935c0f1e7576bb7-download.pdf> / , свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. англ. – выборка 26.10.2011 г.
27. Carl Merkh and Xiaojing Sun. Polysilicon plant waste recycling [Электронный ресурс] / Режим доступа : <http://www.electroiq.com/articles/pvw/2011/10/polysilicon-plant-waste-recycling.html> / , свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. англ. – выборка 26.10.2011 г.
28. Чернюк, А. Кремний поликристаллический – производство [Электронный ресурс] / Режим доступа : <http://www.newbiz.com.ua/Partner/kremnij-polikristallicheskij-proizvodstvo.html> / Выборка 29.10.2011 г. - Загл. с экрана.
29. Siliken chemicals. Technology [Электронный ресурс] / Режим доступа : <http://www.siliken-chemicals.com/technology> / Выборка 26.10.2011 г. - Загл. с экрана.
30. Numerical modelling of industrial FZ silicon crystal growth with magnetic fields
http://www.mhd-crystal.lv/pfd/parejas%20prezent/muiz_fz.pdf
31. Реньян, В. Р. Технология полупроводникового кремния [Текст] / В. Р. Реньян //



перев. с англ. Туровского Б. М., Нашельского А. Я., Шушлебиной И. Я., Баташева В. И. и Королькова А. Г.; под ред. Шашкова Ю. М. - М.: Металлургия, 1969. - 336 с. - Библиогр.: с. 322-332. - 2300 экз. - ISBN отсутствует.

32. Thomas, R.V. Melting device needs through melt growth of large-diameter elemental and compound semiconductors [Текст] / Thomas R.V., Hobgood H.M., Ravishankar P.S. // *Crystal Growth*.-1990.- №1,2,- P. 643-653.

33. Шашков, Ю.М. Металлургия полупроводников [Текст] / Ю.М. Шашков // М.: Металлургиздат, 1960,- 212 с. - Библиогр.: с. 301-309 - 1600 экз. - ISBN отсутствует.

34. Heywang, W. Стабилизация вертикальной зонной плавки [Текст] / W. Heywang // *Z. Naturforschung*. - 1956. - №11a.- P. 238-243.

35. Ратников, Д. Г. Бестигельная зонная плавка.- М.: Металлургиздат, 1976,- 224 с.

36. Неймарк, К.Н., Осовский М.И., Сахаров Б.А. Влияние различных технологических факторов на форму фронта кристаллизации при выращивании монокристаллов кремния способом бесстигельной зонной плавки [Текст] / К. Н. Неймарк, М. И. Осовский, Б. А. Сахаров // *Кремний и Германий*. - М.: Металлургия,- 1970.- вып.2,- С. 27-32.

37. Осовский, М. И., Неймарк К.Н., Фалькевич Э.С. и др. Влияние условий выращивания на форму фронта кристаллизации и свойства монокристаллов при бесстигельной зонной плавке кремния [Текст] / М. И. Осовский, К. Н. Неймарк, Э. С. Фалькевич // *Кремний и Германий*. - М.: Металлургия,- 1969,- вып.1,- С. 18-24.

38. De Kock, A. J. R. The Elimination of vacancy-cluster Formation in Dislocation-free silicon crystals [Текст] A. J. R. De Kock // *Electrochem.Soc.* - 1971. - 118. - №11. - P. 1851-1856.

39. Веселовская, Н. В. Дефекты типа кластеров в монокристаллах кремния [Текст] / Н. В. Веселовская, Э. Г. Шейхет, К. Н. Неймарк, Э. С. Фалькевич // *Рост и легирование полупроводниковых кристаллов и пленок*, Ч. 2 Новосибирск: Наука, 1977. - С. 284-287.

40. Sitnikova, A. A., Electron-Micro-scopic Study of Microdefects in Silicon Single Crystals Grown at High Speed [Текст] / A. A. Sitnikova, L. M. Sorokin, I. E. Talanin, E. S. Falkevich // *Phys. Stat. Sol.* - 1984.- V.81.- N2.- P. 433-438.

41. Petroff, P. M. Characterization of swirl defects in floatingzone silicon crystals [Текст] / P. M. Petroff, A. J. R. De Kock // *Crystal Growth*. - 1975. - 30. - №1. - P. 117-124.

42. Foll, H. Formation and nature of swirl defects in silicon [Текст] / H. Foll, B. O. Kolbesen // *Appl. Phys.* - 1975. - V. 8. - P. 319-331.

43. Ситникова, А. А. Исследование природы микродефектов в бездислокационных монокристаллах кремния [Текст] / А. А. Ситникова, Л. М. Сорокин, И. Е. Таланин, К. Л. Малышев, Э. Г. Шейхет, Э. С.Фалькевич // *Физика твердого тела*. - 1986. - Т. 28. - В. 6. - С. 1829-1833.

44. Таран, Ю. Н. Полупроводниковый кремний: теория и технология производства [Текст] / Ю. Н. Таран, В. З. Куцова, И. Ф. Червонный, Е. Я. Швец, Э. С. Фалькевич // Запорожье, ЗГИА. - 2004. - 344 с. - Библиогр.: с. 317-342. - 300 экз. - ISBN 966-7101-41-4.

45. Рейви, К. Дефекты и примеси в полупроводниковом кремнии [Текст] / К. Рейви; пер. с англ. В.В. Высоцкой, П.П. Поздева, Т.М. Ткачевой и О.П. Федоровой; под ред. С.Н. Горина // М. : Мир, 1984. - 470 с. - Библиогр.: с. 425-454. - 3300 экз. - ISBN отсутствует.

46. Abe, T. H. Swirl defects in float-zoned silicon crystals [Текст] / T. H. Abe, H. Yagada, J. Chikawa // *Physica*, 1983. - DC116, 1-3. - P. 139-147.

47. Осовский, М. И. Образование свирл-дефектов в бездислокационных монокристаллах кремния [Текст] / М. И. Осовский, И. Ф. Червонный // *Цветные металлы*, 1986. - 133. - С. 8-13.

48. Гладкий, В. В. Влияния тепловых условий на плотностьмикродефектов в слитках кремния в процессе выращивания [Текст] / В. В. Гладкий, А. В. Вашерук, О. А. Петрова, Т. Ю. Баштовой // *Вісник КДПУ ім. Михайла Остроградського*, 2009, выпуск 6. - Ч. 1. - С. 24-27.

49. Gosele, U. The role of carbon and point defects in Silicon [Текст] / U. Gosele // *Mat. Res. Soc. Symp.* - 1986. - vol. 59. - P. 419-431.



- 50--13. Довганюк, В. В. Трансформации в микродефектной структуре монокристаллов Cz-Si после облучения высокоэнергетическими электронами по данным рентгеновской дифрактометрии [Электронная версия] / В. В. Довганюк, В. Б. Молодкин, В. П. Кладько, Е. Н. Кисловский, Т. В. Литвинчук, С. И. Олиховский, И. М. Фодчук // Режим доступа: http://x-ray.net.ua/downloads/prints/papers/xray_285.pdf. Выборка 15.01.2017
51. Бугай, О. А. Нейтронне трансмутаційне легування - новий метод одержання напівпровідників кремнію з підвищеною однорідністю [Текст] / О.А. Бугай, Э. С. Фалькевич, В. А. Гірій // Вісник АН УРСР, 1983. - №9. - С. 5-11.
52. Lark-Horowitz, K. Nuclear-bombarded semiconductors in semiconductor materials [Текст] / K. Lark-Horowitz // Proc. Conf. Univ. Reading. - London-Butterworths.- 1951.- P. 47-50.
53. Куцова, В.З. Структура, механічні та електрофізичні властивості монокристалічного кремнію під дією постійного магнітного поля [Текст] / В. З. Куцова, О. А. Носко, В. А. Тутик, А. М. Сулай // Металлургическая и горнорудная промышленность, 2015. - № 1(292). - С. 73-79.
54. Червоний, І. Ф. Напівпровідниковий кремній: теорія і технологія виробництва. Монографія [Текст] / І. Ф. Червоний, В. З. Куцова, В. І. Пожусь, Є. Я. Швець, О. А. Носко, С. Г. Єгоров, Р. М. Воляр; Вид. друге, допрац., переробл.; під ред. доктора технічних наук, професора Червоного І. Ф. - Запоріжжя: ЗДІА, 2009. - 488 с. - Бібліогр.: с. 446-484. - 300 прим. - ISBN 978-966-8462-24-5
55. Voronkov, V. V. The mechanism of swirl defects formation in silicon [Текст] / V. V. Voronkov // Crystal Growth. - 1982. - V. 59. - № 3. - P. 625-643.
56. Таланин, И.Е. Микродефекты в бездислокационных монокристаллах кремния [Текст] / И. Е. Таланин // Запорожье: ЗГИА, 1996.- 80 с. - Библиогр.: с. 76-78. - 500 экз. - ISBN 966-7101-100-2.
57. Сорокин, Л. М. Механизм образования микродефектов при выращивании бездислокационных монокристаллов кремния [Текст] / Л. М. Сорокин, А. А. Ситникова, И. Ф. Червонный, Э. С. Фалькевич // Физика твердого тела. - 1991. - т.33. - №11. - С. 3229-3233.
58. Ситникова, А.А. Исследование природы микродефектов в бездислокационных монокристаллах кремния [Текст] / А. А. Ситникова, Л. М. Сорокин, И. Е. Таланин // Физика твердого тела.- 1986. - Т.28. - В.6. - С. 1829-1833.
59. Talanin, V. I. A Selective Review of the Simulation of the Defect Structure of Dislocation-Free Silicon Single Crystals [Текст] / V. I. Talanin, I. E. Talanin // The Open Condensed Matter Physics Journal, 2011. - V. 4 - P. 8-31.
60. Червоний, І. Ф. Явлення тунельної кристалізації напівпровідникових матеріалів (ефект Червоного) [Текст] / Ю. В. Реков, І. Ф. Червоний, Е. Я. Швець, О. П. Головка, Ю. В. Головка, С. Г. Єгоров // Научные открытия - 2013. Сборник кратких описаний научных открытий, научных идей, научных гипотез. - М.: РАЕН, 2014 - С. 31-33.
- 61--24. Червонный, И. Ф. Исследование микронеоднородности распределения примеси в монокристаллах кремния [Текст] / И. Ф. Червонный, О. П. Головка // Восточно-Европейский журнал передовых технологий, 2015. - № 6/5(78) С. 41-41
62. Шаскольская, М. П. Кристаллография [Текст] / М. П. Шаскольская // М.: Высш. Школа, 1976. - 391 с. - Библиогр.: с. 384. - 24000 экз. - ISBN отсутствует.
63. Воронков, В. В. Влияние скорости роста и температурного градиента на тип микродефектов в бездислокационном кремнии [Текст] / В. В. Воронков, Г. И. Воронкова, Н. В. Веселовская, М. Г. Веселовская, И. Ф. Червонный // Кристаллография, 1984. - Вып. 6. - С. 1176-1181.



THE HISTORY OF DIETARY AND SPORT NUTRITION'S DEVELOPMENT

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО И СПОРТИВНОГО ПИТАНИЯ

Starygin V.S. / Старыгин В.С.

Senior lecturer / Старший преподаватель

Kamnev A.M. / Камнев А.М.

Student / Студент

*Biysk technological Institute (branch) "Altai state technical University. I. I. Polzunov",
Biysk, Trofimova 29, 659305*

*Бийский технологический институт (филиал) «Алтайский государственный
технический университет им. И.И. Ползунова», Бийск, Трофимова 29, 659305*

Аннотация: Статья посвящена истории появления и развития продуктов функционального и спортивного питания. Указывается актуальность данного вопроса в связи с актуализацией таких исторических дисциплин, как история науки и история повседневности. Описывается состояние диетологии и нутрицевтики в древности, а также анализируется состояние данных наук в XX веке. Включена информация о первых препаратах, относящихся к спортивному питанию. Приводится краткий анализ появления и развития рынка БАД и препаратов спортивной фармакологии. В заключение приводятся сведения о современном состоянии рынка данных продуктов, перечисляются наиболее крупные компании данной отрасли, как в мировом, так и российском масштабах.

Ключевые слова: история науки, история повседневности, питание, спорт.

В последнее время в исторической науке немало уделяется истории быта и повседневности. Анализируется быт и уклад различных эпох. Предпринимаются попытки установить происхождение и природу тех вещей, которыми пользуется человечество. Новый толчок развития получает и такая отрасль исторической науки, как история науки, в частности, история развития естественных наук. Уже изучено множество эпох, течений и областей, но, тем не менее, остаются малоизученные вещи. Так, практически не затрагивается такая тема, как происхождение и развитие функционального питания и спортивного питания как его подвида. Рассмотрение этой темы представляется интересным сразу с трёх точек зрения: с точки зрения истории повседневности (а функциональное питание всё прочнее входит в нашу жизнь и становится всё обыденнее), в качестве одной из важнейших тем в истории спорта и как одна из малоизученных, но при этом достаточно тесно связанных с историей науки (в частности, с историей химии и историей развития такой науки, как нутрицевтика) тем.

Несмотря на то, что сам термин «функциональное питание» появился только в Японии в 1989 году [1], представления о здоровом питании вообще и, в частности, о том, что люди, занимающиеся спортивными нагрузками, должны иметь особое питание, появились ещё в древности. Так, известно, что в древней Элладе атлеты предпочитали употреблять в пищу грубый ячменный хлеб; здесь уместно указать, что и современные диетологи выделяют в качестве наиболее полезных сортов хлеба те, что изготовлены из муки грубого помола. Более упорядоченная система питания появилась позднее, а вместе с ней появилось и



слово «диета», первоначальное значение которого – «распорядок принятия пищи»; именно такой смысл этому слову придавали древнегреческие врачи. Общая схема приёма пищи древнегреческих атлетов была такова: появилось два завтрака – первый, на заре, состоявший из нескольких кусочков хлеба, замоченных в вине, и второй, более плотный, проводившийся после физических упражнений; обед состоял из чечевичной похлёбки и морских продуктов. На десерт подавались фиги и смоквы, а также мёд; рафинированный сахар и соль были малоизвестны и употреблялись крайне редко. Широко также было распространено употребление разбавленного вина. В целом, древнегреческий режим питания во многом соответствует предписаниям современных диетологов, но подобные рекомендации не были популярны во всей Древней Греции: так, в Спарте считалось здоровым скудное питание, а сухое телосложение обеспечивает гибкость тела и большую выносливость, чему грузность будет только препятствовать [2].

Возрождение Олимпийских игр произошло в 1896 году, но соревнования по различным видам спорта проводились и ранее. Долгое время не было никаких ограничений по употреблению различных стимуляторов и прочих веществ; впервые вопрос о последствиях употребления такого рода препаратов и об их ограничениях был поставлен только после несчастного случая на велогонках на Олимпийских играх в Риме в 1960 году. Арсенал стимуляторов, бывших в употреблении у спортсменов ещё в начале XX века, был достаточно широк: от безобидного кофеина до листьев коки, стрихнина и бензедрина (амфетамина). Так, на олимпиаде в Сент-Луисе в 1904 году легкоатлету Томасу Хиксу удалось пробежать дистанцию практически первым (претендента на звание победителя уличили в проезде части дистанции на автомобиле, и золотая медаль перешла Хиксу) за счёт того, что его тренер в течение марафона смог вколоть ему миллиграмм сульфата стрихнина и дал запить французским коньяком. Хикс заработал медаль, но после марафона его пришлось госпитализировать [3].

Первая биологически активная добавка – витаминно-минеральный комплекс – была создана в 1934 году Карлом Ренборгом. Чётких научных представлений о правильном питании тогда ещё окончательно не сложилось, и Ренборгу пришлось собирать информацию постепенно, по частям и в течение довольно длительного времени [2].

В 1935 году был осуществлён химический синтез тестостерона из холестерина, а в 1955 году физиолог Джон Циглер, разработавший также один из методов получения 7-дегидрохолестерина, получил препарат «Дианабол», представлявший собой метандростенолон – производное тестостерона. Именно с «Дианабола» начинается эра развития стероидных анаболических препаратов и их широкого применения в спорте. В своё время этот препарат оказался революционным, вокруг него сложилось немало легенд; согласно одной из них, «Дианабол» насыпали в салатницы, и спортсмены употребляли таблетки данного препарата горстями, заедая хлебом; всё это называлось «завтрак чемпиона» [4].

Со второй половины XX века начинается бурное развитие производства



БАД, нутрицевтиков и препаратов спортивной фармакологии. По данным за 2009 год, общий объём продаж БАД в США достиг более 6 миллиардов долларов в год. В России по итогам 2007 года общее число наименований БАД, включая в том числе продукты функционального и спортивного назначения, составило более 2 тысяч [2]. Первое появление продуктов спортивного питания в России относится ещё к началу 1990-х годов, когда в страну попали первые препараты компании «Weider», в 1993 году на российском рынке появились препараты компании «MLO». Однако, кризис 1998 года и прекращение деятельности компании «Weider» практически полностью разрушили российский рынок спортивного питания, и в дальнейшем ему пришлось воссоздаваться заново. Современный список наиболее популярных торговых марок сложился ещё в начале 2000-х – это продукты Multipower, Optimum Nutrition, BSN, Ironman и ряд других. С 2008 года действует один из первых отечественных производителей – компания «PureProtein» [5].

Таким образом, исторический путь развития продуктов функционального и спортивного питания и берёт своё начало ещё в древности. Однако наиболее динамичный период развития препаратов данного вида начинается со второй половины XX века, с накоплением достаточных сведений в области физиологии, органической химии и фармакологии.

Литература.

1. Кучин, И. Е. К вопросу о классификации функциональных пищевых ингредиентов / И. Е. Кучин, Е. В. Аверьянова // Ломоносовские чтения на Алтае: фундаментальные проблемы науки и образования. – Барнаул, Изд-во Алт. ун-та, 2015. – С. 1303-1308.
2. Роль биологически активных добавок в системе подготовки спортсменов / под ред. В. А. Курашвили – М., Москомспорт, 2009. – 116 с.
3. Сент-Луис – 1904 [Электронный ресурс] // Портал «Пекин-2008: история». URL: <http://www.games08.ru/history/2774455.shtml> (дата обращения 30.10.2017)
4. История возникновения спортивного питания // Портал «Тайны и Загадки истории». URL: <http://tayni.info/125063/> (дата обращения 30.10.2017)
5. Российский рынок спортивного питания: что было, что будет, что есть... // «Sporting Life&Nutrition» - портал о спорте и здоровом образе жизни. URL: <http://activelifenutrition.ru/feed/articles/2011-11-13-rossiyskiy-rynok.htm> (дата обращения 28.10.2017)

Abstract. *In the current time researches about history of everyday life become more widespread. Different things of everyday life become objects of research. A sport nutrition is not exclusion.*

First ideas about healthy and sport nutrition appeared in Ancient Greece. Recommendations of antique doctors were approximately close to the recommendations of modern dieticians.

First references about sport stimulants related to the twentieth century. At that time wide assortment of natural and chemical substances was used: caffeine, benzedrine, strychnine etc.

First supplement was obtained in 1935. In 1955 first anabolic steroid Dianabol was obtained. Since the second half of the twentieth century epoch of anabolic steroid has been going. Now, sales



of supplements is more than 6,000,000,000\$.

Thus, the historical way of sport nutrition originate in antique epoch and develop dynamically since the second half of the twentieth century.

References

1. Kuchin, I. E. and Averyanova, E. V. "Question about classification of functional nutrition products", *Lomonosov's readings on Altai: fundamental problems of science and education, Altai State University, Barnaul, pp. 1303-1308.*
2. Kurashvili, V. A. (2009) Rol biologicheski aktivnykh dobavok v sisteme podgotovki sportsmenov [Role of supplements in sportsmen' training systems], Moskomspor, Moscow, Russia.
3. Portal "Beijing-2008: history" (2008), "Saint-Louis – 1904", available at: <http://www.games08.ru/history/2774455.shtml> (Accessed 30 October 2017).
4. Portal "The Mysteries of History" (2003), "The history of sport nutrition's appearance", available at: <http://tayni.info/125063/> (Accessed 30 October 2017).
5. Portal "The Sporting Life&Nutrition" (2008), "Russian market of sport nutrition: what is was, what is will...", available at: <http://activelifenutrition.ru/feed/articles/2011-11-13-rossiyskiy-rynok.htm> (Accessed 28 October 2017).



УДК 631.544.4:635.64

PECULIARITIES OF CROP CAPACITY FORMING OF INDETERMINATE TOMATO HYBRIDS IN GLASS GREENHOUSES**ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЙНОСТІ ІНДЕТЕРМІНАНТНИХ ГІБРИДІВ ПОМІДОРА У СКЛЯНИХ ТЕПЛИЦЯХ****Havris` I.L. / Гаврись І.Л.***PhD, agr.s., assoc. prof. / к.с.-г.н., доц.**National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine.**Kyiv, Heroiv Oborony, 13, 03041**Національний університет біоресурсів і природокористування України,**Київ, вул. Героїв Оборони, 13, 03041*

Abstract. *The article deals with the estimation of economical and biological characteristics of indeterminate tomato hybrids under conditions of winter hydroponic greenhouses. The total amount of tassels, flowers and fruits which were formed on the plant during vegetative period was figured out. The degree of fruit-set, producing capacity and average mass of fruit was discovered. Crop capacity of tomato hybrids and its dynamics were established. Marketable and unmarketable parts of the harvest and marketable quality of tomato fruits were determined.*

Key words: *hybrid, tomato, degree of fruit-set, producing capacity, marketable quality, crop capacity.*

Introduction.

In recent years in Ukraine in order to increase producing capacity of tomato it's become important to grow under extended cultivation technology according which fructification lasts during 8 – 9 months. There are special requirements for successful growing of heterotic tomato hybrids under extended cultivation in protected ground. They must be early-ripe, resistant to diseases, less exacting to the duration of daylight hours, have remarkable growth, fructification, high crop capacity and good quality of fruits [1, 2].

The main text.

The objective of the research was determination peculiarities of yield forming and indeterminate tomato hybrids growing under extended cultivation technology in winter hydroponic greenhouses. Because of the objective the following tasks were set: to detect the earliest ripening and the most productive indeterminate tomato hybrids; to compare dynamics of fruit forming of tomato hybrids; establish market quality and crop capacity.

Indeterminate hybrids of foreign selection were used for investigation: Raisa F₁ (control), Makarena F₁ and Emotion F₁ (Netherlands selection – Syngenta Seeds) and Anabel F₁, Mariachi F₁ (German selection – Rijk Zwaan). The investigation was conducted in accordance with “Principles of investigation in horticulture and melon-growing” (2001) [3]. Plots were situated randomly. Sowing scheme – (60 + 100) x 50 cm. Plants per m² – 2,5.

Accounting of harvest was conducted three times a week in spring, and every other day in summer. Calculation and weighing of marketable and unmarketable fruits were conducted during every harvesting. Crop capacity was determined in kg/m² of greenhouse inventory area [3].



Results and their discussion. Comparison of quantity of plants' generative organs which were studied showed that hybrid Mariachi F₁ was the most productive (table 1). During the vegetative period most of all tassels formed on Mariachi F₁, the least – on Emotion F₁.

Table 1

Economical and biological characteristics of indeterminate tomato hybrids, 2015

Variant	Total quantity/plant			Degree of fruit inception, %
	tassels	flowers	fruits	
Raisa F ₁ (control)	21,6	136	108	79
Anabel F ₁	22,0	154	116	75
Mariachi F ₁	23,1	143	112	78
Makarena F ₁	22,2	141	119	84
Emotion F ₁	20,8	131	109	83

Due to the degree of fruit inception quantity of flowers and fruits on the plants of one hybrid was not proportional. Although the most of all quantity of flowers on. Although Anabel F₁ had most of all flowers it had way less fruits due to the degree of fruit inception – 75 %. Makarena F₁ had most of all fruits (degree of fruit inception – 84%).

During the investigation we defined average mass of tomato fruit and productivity of a single plant (table 2).

Table 2

Average tomato fruit mass and plant productivity, 2015

Variant	Average fruit mass		Single plant productivity	
	g	% before control	kg/plant	% before control
Raisa F ₁ (control)	132	100	14,2	100
Anabel F ₁	126	95	14,6	103
Mariachi F ₁	145	110	16,2	114
Makarena F ₁	156	118	18,6	131
Emotion F ₁	127	96	13,8	97

The biggest fruits had Makarena F₁ (average mass 18 % higher than control). This index influenced significantly on crop capacity in this variant was 31 % than control (18,6 kg from one plant). The least fruit mass had Emotion F₁ and Anabel F₁. Mariachi F₁ also had high productivity – 16,2 kg/plant (14 % more than control).

On an average during two years of investigation changes in dynamics of fruit flow were observed. During the first month of fructification harvest in all variants was higher than control, especially in Makarena F₁ (twice higher than control). Besides high mass of fruit this started fructify 6 – 8 days earlier than other hybrids.

The most intensive fructification was in May – July. Since August significant decrease in fruit flow was observed.

Experiments showed that significant increase of total crop capacity relative to



the control variant had Makarena F₁ and Mariachi F₁ (table 3). Indices of crop capacity were 10,8 and 5,0 kg/m². Crop capacity of other variants was almost the same as control and didn't have significant difference.

According to the results of investigation percentage of marketable production was more than 96 %. The highest marketability had Anabel F₁ Mariachi F₁ (97,4 %) and Mariachi F₁ (97,2 %). The same quantity of qualitative fruits had Emotion F₁ and Raisa F₁ – 96,0 %.

Table 3
Crop capacity and marketable quality of indeterminate tomato hybrids, 2015

Variant	Harvest, kg/m ²			Marketability, %
	total	including		
		marketable	unmarketable	
Raisa F ₁ (control)	35,6	34,5	1,1	96,9
Anabel F ₁	36,5	35,6	0,9	97,4
Mariachi F ₁	40,6	39,5	1,1	97,2
Makarena F ₁	46,4	44,8	1,6	96,6
Emotion F ₁	34,6	33,5	1,1	96,9
HIP ₀₅	2,5	2,1	0,7	

The unmarketable part of the harvest constituted fruits affected with apical rot, underdeveloped, cracked and deformed fruits. In all variants this index was low (0,9 – 1,6 kg/m²).

Despite the lowest percentage of marketability (96,6 %) and the highest part of unmarketable harvest (1,6 kg/m²) yielding of Makarena F₁ exceeded significantly other hybrids and was 44,8 kg/m².

Conclusion. According to the complex of economical and biological indices (earliness, degree of fruit inception, mass of fruit, productivity and crop capacity) Makarena F₁ was the most effective.

References:

1. Hnatyuk A. H. (2005). Perspektyvnye heterozysnye hybrydy tomata dlya zymnykh hydroponnykh teplyts [Prospective heterosis hybrid tomatoes for winter hydroponic greenhouses] in Ovochivnytstvo i bashtannytstvo [Vegetable and Melon], issue 51. – pp. 240-246.
2. Kravchenko V. A. (2007). Pomidor: selektsiya, nasinnytstvo, tekhnolohiyi [Tomato: breeding, seed production, technology]. – K.: Agrarian Science, 424 p.
3. Bondarenko H.L. (2001). Metodyka doslidnoyi spravy v ovochivnytstvi i bashtannytstvi [Methodology of Experimental Case in Vegetable and Melons]. - Kh. Osnov, 369 p.

Анотація. У статті представлено оцінку господарсько-біологічних показників гібридів помідора індетермінантного типу в умовах зимових гідропонних теплиць. Встановлено загальну кількість китиць, квіток і плодів, що утворювалися на рослині впродовж періоду вегетації. Визначено ступінь зав'язування плодів, продуктивність однієї рослини та середню масу плоду. Представлено динаміку надходження урожаю гібридів помідора за місяцями.



Встановлено товарну і нетоварну частини врожаю, та товарну якість плодів помідора.

Ключові слова: гібрид, помідор, ступінь зав'язування плодів, продуктивність, товарна якість, урожайність.

Література:

1. Гнатюк А. Г. Перспективные гетерозисные гибриды томата для зимних гидропонных теплиц / А. Гнатюк, А. Дубовая // Овочівництво і баштанництво. – 2005. – № 51. – С. 240-246.
2. Кравченко В. А. Помідор: селекція, насінництво, технології / В. Кравченко, О. Приліпка. – К.: Аграрна наука, 2007. – 424 с.
3. Бондаренко Г.Л. Методика дослідної справи в овочівництві і баштанництві / За редакцією Г.Л. Бондаренка, К.І. Яковенка. – Х.: Основа, 2001. – 369 с.

Article sent: 18/11/2017 of

© Havris` Ivanna



SYSTEM APPROACH IN CRUMB BRIQUETTE TECHNOLOGY СИСТЕМНИЙ ПІДХІД У ТЕХНОЛОГІЇ СУХАРНИХ БРИКЕТІВ

Makhynko V.M. / Махинько В.М.

c.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.

ORCID: 0000-0003-2039-5137

Sharan A.V. / Шаран А.В.

c.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.

Sharan L.O. / Шаран Л.О.

c.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.

*National University of Food Technologies, Ukraine, Kyiv, Volodymyrska str. 68, 01601
Національний університет харчових технологій, Київ, вул. Володимирська 68, 01601*

Abstract. *Classic bakery products are made under traditional technologies, the scientific basis of which is studied rather thoroughly. Development of new products and technologies requires application of system approach. This work considers possibility to apply the main provisions of system analysis to the crumb briquette technology. It also provides functional flowsheet of briquette production and distinguishes the main and the central subsystems. Based on the briquette formation stage example, the work shows rules for drawing up of parametric diagram and highlights its input and output factors. Application of the above approach will ensure efficient improvement of technological parameters and selection of optimal ration of recipe components.*

Key words: *crumb briquettes, technology, system analysis, functional diagram, parametric scheme.*

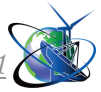
Introduction. Bread baking industry produces a wide range of bakery products. Despite differences in appearance, weight and receipts, most of these products are made under traditional technologies. The scientific bases of bakery were examined in a sufficient level of detail. They are studied in a considerable number of professional articles and scientific works [1, 2, 3]. However, manufacture of non-traditional products requires additional research to determine optimal parameters of the process and the composition of the recipes.

Problem Statement.

Crumb briquettes is a promising type of bread products made by pressing bread crumbs with various target additives. The absence of fermentation stage allows to considerably diversify the recipes by selecting component proportions in accordance with the objectives (increase of nutrition value, decrease of caloric value, addition of health-improving features, etc.). However, crumb briquette production technology is not sufficiently developed which complicates its possible improvement or optimization. To find the best parameters of technological process or the best proportion of recipe components, we mainly used the following single-factor experiment: we were successively changing only one parameter or dosage of a certain type of raw material [4, 5]. In the experiment, we did not consider relation between individual parameters of the system and mutual influence of raw material components of the recipe. Determination of optimal proportion of various types of raw materials and selection of the best parameters of the technological process requires systematic analysis of the chosen technology.

Purpose of the Study.

The purpose of the study is to consider technological flowchart of crumb



briquette production from the point of view of the system analysis for its possible mathematical modeling and optimization.

Presentation of the Basic Material.

Like most of food industry's technological lines, the crumb briquette production technology may be referred to complex systems. Such systems have a large number of influencing factors and complex relations between quality indicators of raw materials, technological process parameters and consumer properties of finished products. Most of the above dependencies are nonlinear, therefore their study requires use of system analysis tools [6, 7, 8].

According to the main provision of this analysis, any large system can be represented as a set of simpler systems (subsystems) connected by functional relations. The system under study can be represented as a functional flowsheet which specifies succession of technological processes and shows the most important relations between them. Functional diagram of the crumb briquette production technology is shown in figure 1.

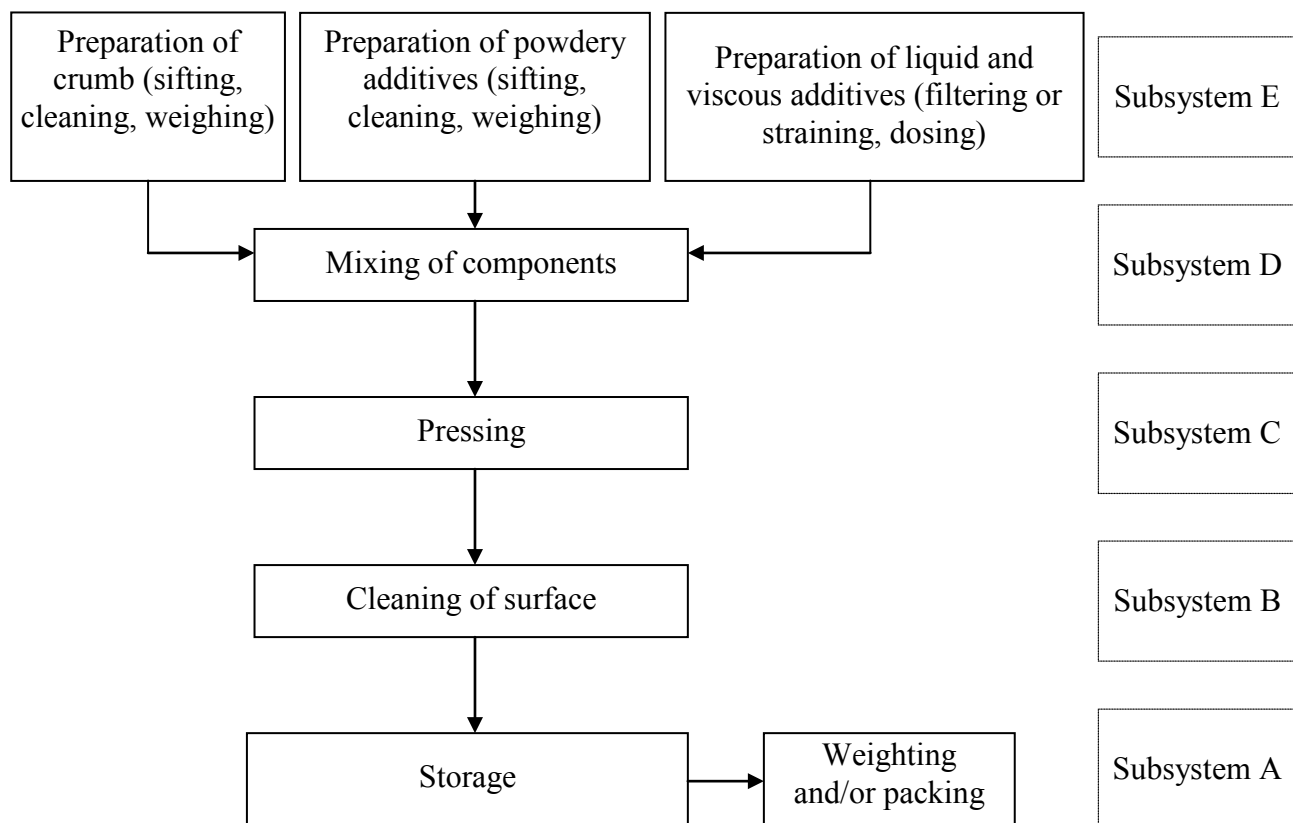
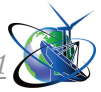


Figure 1. Functional Flowsheet of the Crumb Briquette Production Technology

Since the main objective of the technological system is to ensure high quality of the final products, the subsystems are designated bottom-up. The technological flowsheet of crump briquette production has five subsystems:

- subsystem E – preparation of raw materials (crumb, powdery, viscous or liquid additives or additional raw materials);
- subsystem D – preparation of mixture (mixing of components, granulation, fractionation, etc.);
- subsystem C – formation of briquettes (filling of molds, pressing, holding



under pressure, removal of briquettes);

➤ subsystem B – processing of briquettes (surface cleaning, visual quality control);

➤ subsystem A – storage and packing (ensuring necessary storage conditions, individual or group packing of finished briquettes).

By presenting the system as a set of interconnected simple processes, we can reasonably select optimization object, the factors that influence this object and the indicators that show selected subsystem's performance. It is reasonable to start system improvement from optimization of parameters of the central subsystem, that is the subsystem which has the most influence on quality of the final product. Subsystem C (formation) is the central subsystem of the crump briquette technology. It is recommended to draw up parametric diagram to illustrate all factors that influence the system and define its work. The diagram is represented as a *black box* with four groups of factors (figure 2):

X – input leading factors, that is the factors which substantially influence the process and may be purposefully changed by the researcher for systematic effect on the subsystem;

Z – input disturbing factors which influence the subsystem under study, but cannot be changed at this technological stage (their influence should only be taken into account);

Y – output controlled factors which define subsystem operation and substantially, sensitively and expectedly change under influence of the input leading factors;

U – condition parameters which define the object selected, but do not change at this stage or change insubstantially.

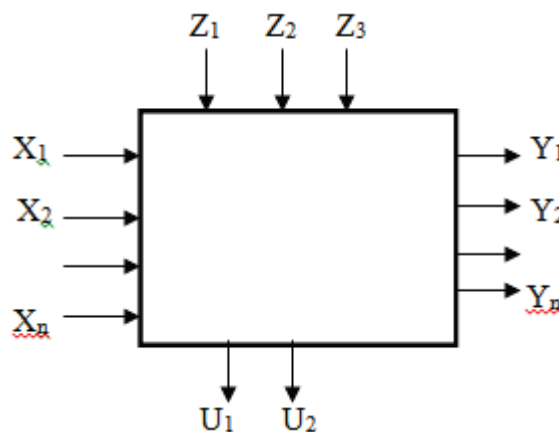


Figure 2. General Parametric Diagram

Let us draw up parametric diagram of the central subsystem C (figure 3).

At this stage, the input leading factors include – mass of the material used to make one briquette G_m , pressing capacity V_p , working pressure P_p and duration of holding under pressure τ_p . Physical and chemical indicators of the mixture (viscosity V_m , adhesiveness A_m , compression C_m), temperature T_m , moisture M_m , granulation G_m and its uniformity, and plug diameter D_p may be referred to the disturbing factors. Then the output controlled parameters will be briquette strength S_b , duration of its



soaking τ_s , density and dimensions D_b . Condition parameters are organoleptic parameters of briquette O_b , its compression factor C_b and buoyant force F_b .

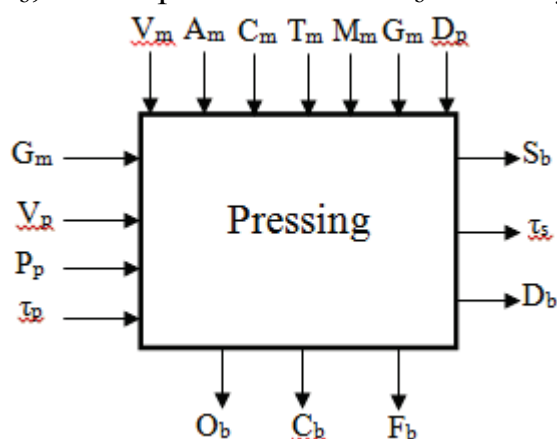


Figure 3. Parametric Diagram of the Crump Briquette Pressing Subsystem

The parametric scheme above may become the basis for the selected subsystem's optimization. For this purpose, we should select one of the indicators among the output controlled factors which will be sensitively change under influence of input factors while defining efficiency of changes made by the researcher. The best factor to select is usually the one that is easy to measure and is directly connected with the intended purpose of the subsystem under study. At the crump briquette pressing stage, strength of the products obtained may be such indicator. Then the target function of the subsystem selected may be represented as dependence between the selected optimization criterion and the input leading factors:

$$Y_{\text{opt}} = f(x_i)$$

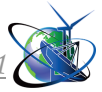
Summarize and Conclusions.

This work considers the prospects of application of the main provisions of system analysis to crump briquette technology improvement. Drawing up of the functional flowchart allowed to distinguish the main subsystems and to select the central one among them – the briquette formation stage. The pressing process parametric scheme was the basis for distinguishing the leading factors (G_m , V_p , P_p , τ_p) and the central subsystem's (S_b , τ_s , D_b) performance indicators. Strength of finished briquettes was selected as the optimality criterion, and target function of the pressing process was drawn up, which will allow to efficiently optimize the crump briquette formation stage:

$$S_b = f(G_m, V_p, P_p)$$

References:

1. Vasjukova A.T., Puchkova V.F. (2011). *Sovremennye tehnologii hlebopechenija [Modern Bread Baking Technologies]*. Moskva: Dashkov & K°.
2. Pashhenko, L.P. (2002). *Biotechnologicheskie osnovy proizvodstva hlebobulochnyh izdelij [Biotechnological Fundamentals of Bakery Production]*. Moskva: Kolos.
3. Matveeva I.V., Beljavskaia I.G. (2001). *Biotechnologicheskie osnovy prigotovlenija hleba [Biotechnological Fundamentals of Bread Baking]*. Moskva:



DeLi print.

4. Il'inskij N.A., Il'inskaja T. N. (1982). *Proizvodstvo suharnyh izdelij [Manufacture of Crump Products]*. Moskva: Legkaja i pishhevaja promyshlennost'.

5. Shherbatenko V.V. (1976). *Regulirovanie tehnologicheskikh processov proizvodstva hleba i povyshenie ego kachestva [Regulation of Technological Processes of Bread Production and Improvement of Its Quality]*. Moskva: Pishhevaja promyshlennost'.

6. Sidjagin A.A. (2013). *Sistemnyj analiz processov himicheskoy i pishhevoj tehnologii [System Analysis of Chemical and Food Technology Processes]*. Nizhnij Novgorod: NGTU im. R.E. Alekseeva.

7. Derkanosova N.M., Zhuravlev A.A., Sorokina I.A. (2011). *Modelirovanie i optimizacija tehnologicheskikh processov pishhevykh proizvodstv [Modeling and Optimization of Technological Processes of Food Production Facilities]*. Voronezh: VGTA.

8. Stegalichev Ju.G. (2006). *Tehnologicheskie processy pishhevykh proizvodstv. Strukturno-parametricheskij analiz obektov upravlenija [Technological Processes of Food Production Facilities. Structural and Parametric Analysis of Control Objects]*. Rostov-na-Donu: Feniks.

Анотація. Класичні хлібобулочні вироби виготовляються за традиційними технологіями, наукові основи яких вивчено досить ґрунтовно. Розроблення нових виробів і технологій вимагає використання системного підходу. Розглянуто можливість застосування основних положень системного аналізу у технології сухарних брикетів. Наведено функціональну схему їх виробництва, виділено основні та центральну підсистеми. На прикладі стадії формування брикетів показано правила складання параметричної схеми з виділенням вхідних та вихідних факторів. Застосування запропонованого підходу забезпечить ефективне удосконалення технологічних параметрів та вибір оптимального співвідношення рецептурних компонентів.

Ключові слова: сухарні брикети, технологія, системний аналіз, функціональна схема, параметрична схема.

Література:

1. Васюкова А.Т., Пучкова В.Ф. Современные технологии хлебопечения. – М.: Дашков и К°, 2011. – 224 с.

2. Пашенко, Л.П. Биотехнологические основы производства хлебобулочных изделий. – М.: Колос, 2002. – 368 с.

3. Матвеева И.В., Белявская И.Г. Биотехнологические основы приготовления хлеба. – М.: ДеЛи принт, 2001. — 150 с.

4. Ильинский Н.А., Ильинская Т. Н. Производство сухарных изделий. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. – 208 с.

5. Щербатенко В.В. Регулирование технологических процессов производства хлеба и повышение его качества. – М.: Пищевая промышленность, 1976. – 230 с.

6. Сидягин А.А. Системный анализ процессов химической и пищевой технологии. – Нижний Новгород: НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2013. — 101 с.

7. Дерканосова Н.М., Журавлев А.А., Сорокина И.А. Моделирование и оптимизация технологических процессов пищевых производств. — Воронеж: ВГТА, 2011. — 195 с.

8. Стегаличев Ю.Г. Технологические процессы пищевых производств. Структурно-параметрический анализ объектов управления. – Ростов н/Д: Феникс, 2006. — 254 с.

Article sent: 22/11/2017 of

© Makhynko Valeriy



УДК 637.5

**IMPLEMENTATION OF INNOVATIVE SOLUTIONS IN THE
TECHNOLOGY OF BOILED SAUSAGE****ВПРОВАДЖЕННЯ ІННОВАЦІЙНИХ РІШЕНЬ В ТЕХНОЛОГІЇ ВАРЕНИХ КОВБАС****Kryzhova Yu.P. / Крижова Ю.П.***s.t.s., as. prof. / к.т.н., доц.**National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Heroiv Oborony Str.15, Kyiv**Національний університет біоресурсів і природокористування України,**м. Київ, вул. Героїв Оборони, 15***Шевченко І.І. / Shevchenko I.I.***d.t.s., prof. / д.т.н., проф.**National University of Food Technologies, 68, Volodymyrska St., Kyiv**Національний університет харчових технологій, м. Київ, вул. Володимирська, 68,*

Анотація. Інноваційні технології у виробництві вареної ковбаси дали можливість досягти структуру варено-копченої ковбаси «Сервелат» завдяки застосуванню добавки «Вікторія», виключити процеси соління сировини та витримки у посолі, кутерування, застосувати термічне оброблення для вареної ковбаси. Неодмінною умовою для досягнення такої структури є подрібнення сировини на вовчку з діаметром отворів решітки 5 мм та обов'язкове попереднє підморожування м'яса птиці до температури мінус 2°C. Мікробіологічними дослідженнями підтверджені терміни придатності ковбаси – 5 діб у фіброузній оболонці та 15 діб у поліамідній.

Ключові слова: варена ковбаса, варено-копчена ковбаса, структура, харчові добавки, сироватка.

Вступ. Основними продуктами на ринку м'яса та м'ясних продуктів є ковбасні вироби. Варені ковбаси займають до 60% в загальному виробництві ковбасних виробів, вони мають ніжну консистенцію, високу соковитість, специфічний смак і аромат. Формування високих споживчих властивостей варених ковбас забезпечується підбором відповідної сировини і дотриманням технологічних схем виробництва.

Використання інноваційних технологій при виготовленні ковбас дає можливість досягти поставленої мети і в кожному конкретному випадку отримати продукти з підвищеною харчовою і біологічною цінністю, високої якості, покращеними органолептичними, фізико-хімічними, структурно-механічними показниками або певними функціональними властивостями [1].

Із вторинної молочно-білкової сировини одне з основних місць займає сироватка, що отримується при виробництві твердих сирів, кисломолочних сирів, казеїну. Цінність сироватки полягає в великій кількості молочного цукру – лактози, окрім того, в сироватку переходять мінеральні речовини молока та білки альбуміна, глобуліна та інших. Але амінокислотний склад сироватки має неповний набір незамінних кислот, тому її можна використовувати в якості добавок до різних харчових продуктів [2].

Сироватка підтримує життєдіяльність молочнокислих бактерій в кишківнику, заторможує утворення токсичних речовин. Вона здатна створювати таку реакцію середовища в організмі людини, при якій не можуть відбуватися гнилісні процеси.



Особливу актуальність має вдосконалення технології варених ковбас з використанням інноваційних рішень, що дало можливість виключити процеси посолу сировини, тонкого подрібнення фаршу на кутері, досягти структуру варено-копченої ковбаси, застосовуючи при цьому термічне оброблення, передбачене у виробництві варених ковбас.

Основний текст. На сьогодні харчові добавки стали незамінними компонентами у більшості продуктів харчування. Завдяки їх використанню удосконалюються технологічні процеси виробництва м'ясних виробів, покращуються смакові характеристики, підвищуються терміни зберігання готової продукції.

В даній роботі при створенні рецептури вареної ковбаси, яка за виглядом фаршу на розрізі подібна до групи варено-копчених ковбас, зокрема, ковбаси «Сервелат», ми використовували добавку «Вікторія».

До складу добавки "Вікторія" входить: триполіфосфат натрію, натуральні спеції (перець, мускатний горіх, імбир, коріандр, чілі), лактоза, сіль, аскорбінова кислота. Аскорбінова кислота стабілізує колір харчових продуктів, триполіфосфат натрію покращує консистенцію та підвищує якість м'ясних виробів, забезпечує значення рН фаршу на рівні 6,2-6,5, лактоза, внаслідок гідролізу і утворенню молочної кислоти, пригнічує розвиток небажаних мікроорганізмів.

Добавка «Вікторія» надає ковбасним виробам щільну консистенцію, вигляд структурованого фаршу на розрізі, виключає жирові відтоки, надає готовому продукту стійкий рожевий колір та м'ясний аромат.

У ході виконання роботи встановлено, що структура розробленої вареної ковбаси, яка відповідає структурі варено-копченої ковбаси «Сервелат», досягається за рахунок:

- подрібнення сировини на вовчку з діаметром отворів решітки 5мм;
- обов'язкового попереднього підморожування м'яса птиці до температури мінус 2°C;
- додавання добавки «Вікторія».

Використання даної добавки дає можливість виключити наступні технологічні операції: соління сировини та витримку у посолі, кутерування, а також застосовувати термічне оброблення, властиве вареній групі ковбас.

Проведені дослідження фаршу показали, що добавка «Вікторія» адсорбує вологу на своїй поверхні, підвищуючи вологозв'язуючу здатність фаршу на 17 – 20 %, а поєднання з молочною сироваткою забезпечує підвищення стійкості фаршевої емульсії на 3,5 % у порівнянні з контрольним зразком.

Із широкого асортименту ковбасних оболонок були вибрані фіброозна та поліамідна оболонки, проведені мікробіологічні дослідження ковбас та встановлені терміни придатності (рис.1, 2).

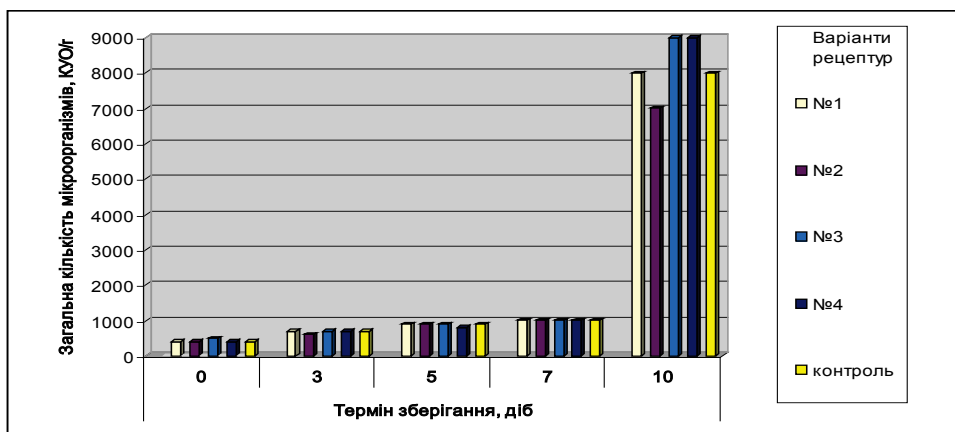


Рис. 1. Динаміка росту мікроорганізмів у дослідних зразках вареної ковбаси при використанні фіброувної оболонки

Із отриманих даних (рис. 1) видно, що перевищення допустимого рівня МАФАНМ починається з сьомої доби зберігання.

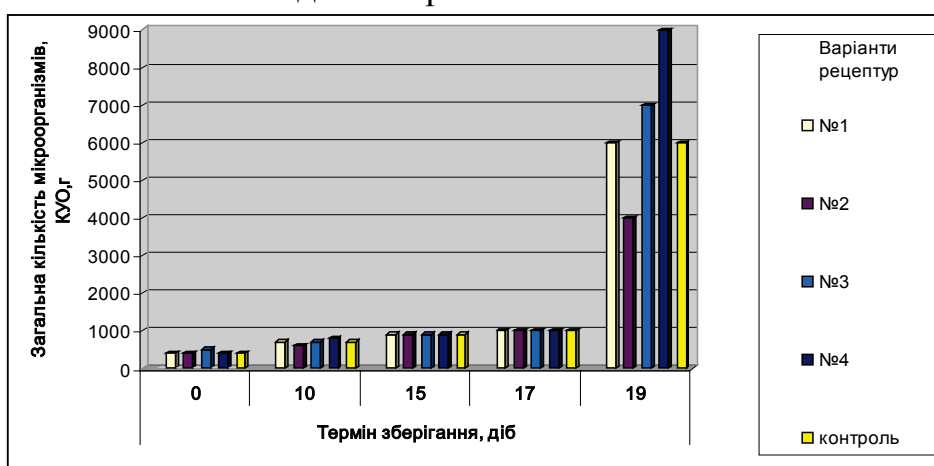


Рис. 2. Динаміка росту мікроорганізмів у дослідних зразках вареної ковбаси в поліамідній оболонці

Перевищення допустимого рівня МАФАНМ починається з сімнадцятої доби зберігання (рис.2).

Заключення і висновки.

1. Встановлено, що необхідну структуру фаршу розроблених ковбасних виробів вареної групи можна отримати за умови обов'язкового попереднього підморожування м'яса птиці, подрібнення сировини на вовчку з діаметром решітки 5 мм, додавання добавки «Вікторія».

2. Проведені мікробіологічні дослідження розроблених ковбас, виготовлених у фіброузній та поліамідній оболонках, підтвердили строки їх придатності - 5 діб у фіброузній оболонці та 15 діб в поліамідній.

Література:

1. Улучшение текстуры колбас / «Химия и технология». - №2. - 2011. - С. 35.



2. Храмов А.Г. Полное и рациональное использование молочной сыворотки на принципах безотходной технологии. Учебное пособие. / Храмов А. Г., Жаринов А. И., Кунижев С. М. и др. Ставрополь, 1997. – 120 с.

Abstract. Innovative technology gave an opportunity in production boiled sausages reached the structure boiled- smoked sausages "Servelat", thanks to the application of the additive "Victoria", eliminating the processes of picking raw materials and aging in brine, rubbing, using a thermal treatment for boiled sausages. An indispensable condition for achieve such a structure is shredding raw materials for wolves with a grating hole diameter 5 millimeters and compulsory pre-freezing of chicken meat to -2 degrees temperature. Microbiological research was heaving confirmed the date of sausage expiration – 5 days in the fibrous shell and 15 days in the polyamide shell.

Key words: boiled sausage, boiled-smoked sausage, structure, nutritional supplements, serum.

References:

1. Uluchshenie struktury kolbas / Khimiia i tekhnolohiia/ - №2. – 2011. – S.35.
2. Khramtsov A.H. Polnoe i ratsionalnoe ispolsovanie molochnoi syvorotki na printsypakh bezotkhodnoi tekhnolohii. Uchebnoe posobie / Khramtsov A.H., Zharinov A.I., Kuzhinev S.M. i dr. Stavropol, 1997. – 120 s.

Стаття відправлена 22.11.2017 р.

©Крижова Ю.П



УДК 636.087.63

IMPROVING THE TECHNOLOGY OF FOOD CONCENTRATES**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ХАРЧОВИХ КОНЦЕНТРАТІВ****Ostrensky S.M. / Остренський С.М.***masters / магістр***Golembowska N.V. / Голембовська Н.В.***s.t.s., assis. / к.т.н., асис.*

ORCID: 0000-0001-8159-4020

*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,**Kiev, General Rodimtsev 19, 03041**Національний університет біоресурсів і природокористування України,**Київ, Генерала Родімцева 19, 03041*

Анотація. Отримані позитивні результати органолептичних, фізико-хімічних досліджень показали доцільність поєднання морських водоростей (ламінарії) та зелені (кропу) з прісноводною рибою про, що свідчить високі показники таких показників, як загальне враження, гармонійний, рибний, солодкувато-солонуватий смак.

Дослідним шляхом встановлено, що додавання морських водоростей та зелені дозволяє не лише удосконалити технологію виробництва січених напівфабрикатів, а й вирішити завдання отримання продукту підвищеної харчової цінності.

Ключові слова: прісноводна риба, товстолобик, снеки, чіпси, кріп, морська капуста.

Риба та морепродукти є важливими складовими у житті людини, хоча не є основним продуктом харчування українців. Вони забезпечують людей такими поживними речовинами як білки, жири, мінеральні речовини такі як кальцій, магній, фосфор, залізо та різні необхідні вітаміни які потребує людина [1].

Харчові концентрати (снеки) на початку свого розвитку дуже стрімко розвивалися і зростали на українському ринку. На ньому в більшості були представлені картопляні чіпси і солоний арахіс [2].

Конкуренція на українському ринку снекової продукції висока, і тому виробники постійно шукають нові способи залучення нових покупців: розширюють асортимент, використовують різні види та інструменти маркетингових комунікацій, в рекламі роблять акцент на більш дешеві снеки. Так, наприклад, компанія «Крафт Фудз Україна» крім традиційних картопляних чіпсів виробляє і кукурудзяні, а компанія «Техноком» - рисові чіпси, фруктові чіпси – яблучні, грушові, бананові. Також було запропоновано безліч патентів щодо виробництва чіпсів з топінамбура, хурми, білих коренеплодів, айви [3].

Проаналізувавши різні джерела та літературу можна сказати, що розвиток та запровадження нових технологій, розробка нових видів продукту є актуальним. Отже, виготовлення чіпсів з рибної сировини може мати великий попит.

Метою роботи є розробка технології чіпсів на основі прісноводної риби, за основу якого є товстолобик. *Об'єкт дослідження* – удосконалення технології чіпсів із риби товстолобика з додаванням ламінарії та зелені. *Предмет дослідження* – показники якості і безпеки чіпсів з прісноводної риби збагачені водоростями та рослинною сировиною.



Результати досліджень

Зразки чіпсів підібрали з урахуванням вмісту в них основних компонентів: зразок 1 – з додаванням кропу; зразок 2 – з додаванням морської капусти, зразок 3 – контрольний зразок без додавання кропу та морської капусти, лише на основі м'яса товстолобика.

Процес виробництва рибних чіпсів складається з наступних операцій: приймання сировини, сортування, миття, розбирання на філе, подрібнення, приготування фаршу, змішування, формування, випікання, сушка, фасування в споживчу тару, упакування в транспортну тару та реалізація.

Для виробництва рибних чіпсів були розроблені рецептури, які наведені в таблиці 1.

Сушка чіпсів відбувається при температурі 105 ° С з подальшим вимірюванням вмісту води з інтервалом в часі через кожні 5 хвилин. В ході проведення досліджень був встановлений час який потрібно для висушування готового продукту, щоб вміст води не перевищував 5 % згідно ДСТУ 4608:2006 (рис. 1).

Таблиця 1

Рецептура зразків чіпсів

Найменування компонентів	Контроль	Рибні чіпси зі смаком кропу	Рибні чіпси зі смаком морської капусти
Товстолобик	74,4	72,4	72,4
Масло вершкове	3	3	3
Яйця курячі	10	10	10
Молоко	5	5	5
Борошно пшеничне	6	6	6
Перець чорний	0,6	0,6	0,6
Сіль кухонна	1	1	1
Кріп	-	2	-
Морська капуста	-	-	2
Всього	100	100	100

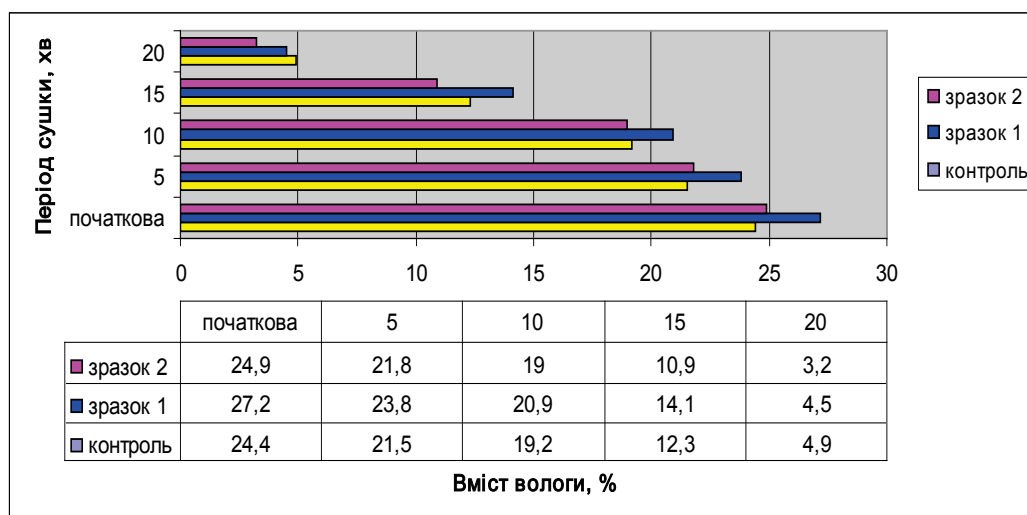


Рис. 1. Залежність втрати води від часу висушування



На рис. 2. представлено залежність втрати маси від часу висушування.

За 20 хвилин висушування контрольний зразок втратив – 20,1 %, зразок 1 – 16,5 %, зразок 2 – 12,8 % вологи.

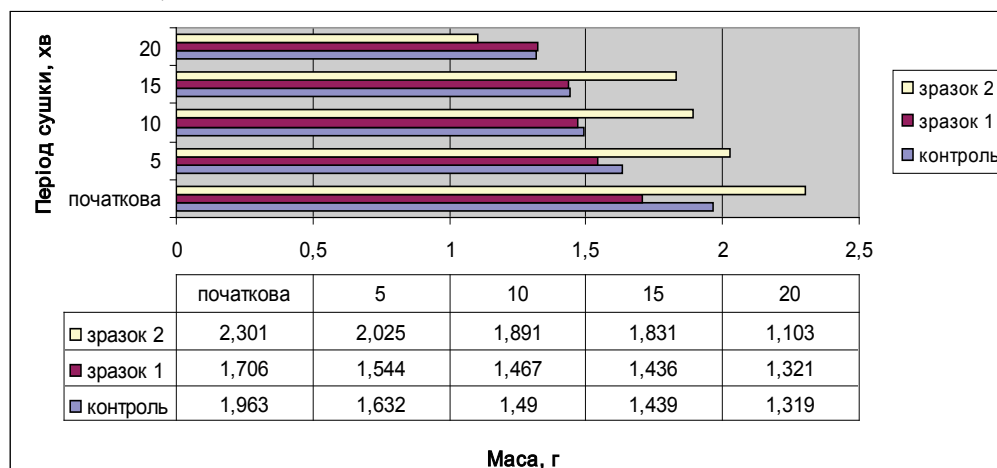


Рис. 2. Залежність втрати маси від часу висушування

Також було проведено оцінювання чіпсів з риби за власною розробленою 5 шкалою, де загальна кількість балів для контролю склала 19 балів, для зразка з кропом 21 бал та для морської капусти 23 бали (рис. 3).

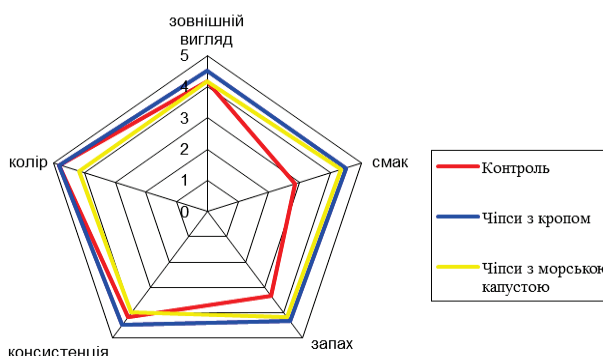


Рис. 3. Профілограма органолептичної оцінки рибних чіпсів

В результаті органолептичних досліджень було встановлено що рибні чіпси за зовнішнім виглядом притаманні даному виробу. Скибки мають округлу форму та майже однакові за розмірами. Колір чіпсів золотистий з коричневим відтінком на краях. Смак та запах притаманний, без посторонніх. Має присмак добавок - кропу для 1 зразка, та присмак морської капусти для 2 зразка. Консистенція є ламкою і крихкою [5].

Загальний порівняльний аналіз дає змогу стверджувати про те, що всі зразки рибних чіпсів мають позитивне загальне враження, гармонійний і рибний смак.

Висновок. Розроблена технологія рибних чіпсів розширить асортимент снекових продуктів, підвищить показники щодо вживання рибної сировини та білку в тому числі. Отримані позитивні дослідження свідчать про продовження вивчення даної технології і потребують подальших розробок.

**Література:**

1. Властивості рибної сировини - Режим доступу: [http://ukrbukva.net/page, 2,113011](http://ukrbukva.net/page,2,113011)
2. Статистика споживання снєків – Режим доступу: [revolution.allbest.ru /marketing/00379506](http://revolution.allbest.ru/marketing/00379506)
3. Стан та тенденції розвитку українського ринку снєкових виробів – Режим доступу: https://studwood.ru/827522/marketing/stan_tendentsiyi_rozvitku_ukrayinskogo_rinku_snekovich_virobiv

Abstract. *The obtained positive results of organoleptic, physico-chemical research have shown the feasibility of combining seaweed (lawnmare) and green (dill) with freshwater fish, as evidenced by high indicators of such indicators as the overall impression, harmonious, fishy, sweet-salty taste.*

The research has established that the addition of seaweed and greenery allows not only to improve the technology of production of salted semifinished products, but also to solve the problem of obtaining a product of high nutritional value.

Key words: freshwater fish, caviar, snakes, chips, dill, sea cabbage.

References:

1. Vlastyvoli rybnoi syrovyny - Rezhym dostupu: [http://ukrbukva.net/page, 2,113011](http://ukrbukva.net/page,2,113011)
2. Statystyka spozhyvannia snekiv – Rezhym dostupu: [revolution.allbest.ru /marketing/00379506](http://revolution.allbest.ru/marketing/00379506)
3. Stan ta tendentsi rozvytku ukrainskoho rynku snekovykh vyrobiv – Rezhym dostupu: https://studwood.ru/827522/marketing/stan_tendentsiyi_rozvitku_ukrayinskogo_rinku_snekovich_virobiv

Стаття відправлена: 26.11.2017 р.

© Острєньський С.М.



УДК 664.952/.957

INNOVATIVE TECHNOLOGIES OF PRODUCTION OF SEMI-FINISHED PRODUCTS ROLLED IN DOUGH**ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ НАПІВФАБРИКАТІВ У ТІСТОВІЙ ОБОЛОНЦІ****Менчинська А.А. / Menchyns'ka A.A.***assistant / асистент*

ORCID: 0000-0001-8593-3325

Габелко О.М. / Habelko O.M.*master / магістр**National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,**Kiev, Heroiv Oborony, 15, 03041**Національний університет біоресурсів і природокористування України,**Київ, вул. Героїв оборони, 15, 03041*

Анотація. В роботі розглядаються перспективи виготовлення рибних напівфабрикатів у тістовій оболонці. Наведено рецептури хінкалі з фаршу білого амура з рослинними інгредієнтами. Проведено органолептичну оцінку розроблених зразків, порівняно з контролем. Досліджено хімічний склад фаршевих композицій. Доведено доцільність застосування рослинної сировини у складі рибних хінкалі. Показано, що введення рослинних компонентів в продукцію дає можливість підвищити її харчову цінність, поліпшити смако-ароматичні показники, колір і структуру.

Ключові слова: риба, напівфабрикат, рослинні інгредієнти, рецептура, органолептичні показники

Вступ

Одним з найпопулярніших продуктів на вітчизняному ринку напівфабрикатів є напівфабрикати у тістовій оболонці – пельмені, манти, хінкалі, равіолі. Споживачі люблять їх за простоту і швидкість приготування та «збалансований склад»: м'ясо і гарнір в одній упаковці.

В Україні ринок рибних напівфабрикатів у тістовій оболонці малорозвинений, так як дані товари не користуються високою популярністю серед споживачів. Головною причиною малого попиту рибних пельменів у покупців є їх висока вартість та низькі органолептичні показники [1]. Для вирішення даної проблеми необхідні інноваційні зміни рецептурного складу та технології виготовлення, напівфабрикатів у тістовій оболонці.

Мета роботи – удосконалення технології рибних напівфабрикатів у тістовій оболонці.

Інноваційні технології виготовлення продуктів із гідробіонтів передбачають використання нових видів сировини, різноманітних добавок, введення нових операцій, що поліпшують смак, колір і запах рибного фаршу. Згідно відомих рецептур, в якості основної сировини для виготовлення рибних напівфабрикатів у тістовій оболонці, використовують лосось, сьомгу, тріску, судак, що зумовлює високу вартість готової продукції. У зв'язку зі зміною сировинної бази, видового складу сировини, модернізовані технології мають ґрунтуватись на використанні доступної вітчизняної сировини – прісноводної риби.



З метою покращення органолептичних та функціонально-технологічних показників фаршу з прісноводної риби, можна застосовувати операцію промивання та додавати рослинні інгредієнти. Введення рослинних компонентів в продукцію дає можливість підвищити її харчову цінність, збагатити мікро- та макроелементами, вітамінами, поліпшити смако-ароматичні показники, колір і структуру.

Основний текст

Одним із способів вирішення даної проблеми являється розробка рибних хінкалі з додаванням рослинних інгредієнтів. В якості м'ясної сировини було обрано фарш прісноводної риби білий амур. Основними рослинними інгредієнтами слугували цибуля ріпчаста свіжа, солодкий перець, кунжут та петрушка. При створенні фаршевих композицій використовувались прянощі: перець чорний мелений, коріандр мелений, хмелі-сунелі.

Рецептурні композиції розроблених зразків рибних хінкалі та контролю наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Рецептури хінкалі з рибної та рослинної сировини

Інгредієнти	Кількість інгредієнтів необхідна для виробництва хінкалі, %		
	Контроль	Зразок 1 «Перчені»	Зразок 2 «Студенські»
Фаршева начинка			
М'ясо білого амура	95	50	52
Цибуля ріпчаста свіжа	3	20	20
Сало	-	15	15
Петрушка свіжа	-	2	4,2
Перець чорний мелений	0,5	0,5	0,23
Коріандр мелений	-	-	0,07
Сіль кухонна	1,5	1,5	1,5
Часник свіжий	-	1,5	-
Хмелі-сунелі	-	0,5	-
Перець Болгарський	-	9	-
Кунжут	-	-	7
Всього	100	100	100
Тістова оболонка			
Борошно пшеничне 1с	66,6	66,6	66,6
Вода питна	33,4	33,4	33,4
Всього	100	100	100

Дані таблиці 1, свідчать про більш ширший рецептурний склад дослідних зразків, порівняно з контролем.

Рецептурний склад фаршевих композицій зумовлює їх хімічний склад та харчову цінність. Харчова цінність відображає всю повноту корисних властивостей харчових продуктів, в тому числі ступінь забезпечення даним продуктом фізіологічних потреб людини в основних харчових речовинах і енергії.

Результати дослідження хімічного складу рибних хінкалі з додаванням



рослинної сировини представлено в таблиці 2.

Таблиця 2

Хімічний склад фаршевої системи рибних хінкалі

№ та назва рецептури	Хімічний склад, %			
	Волога	Жир	Білок	Зола
Контроль	74,17 ± 5,21	6,15 ± 0,28	17,27 ± 0,11	2,41 ± 0,05
Рецептура 1, хінкалі «Перчені»	70,70 ± 4,67	12,36 ± 0,97	14,49 ± 0,58	2,45 ± 0,25
Рецептура 2, хінкалі «Студентські»	70,80 ± 4,81	12,33 ± 0,72	14,70 ± 0,82	2,17 ± 0,22

Дані таблиці 2 свідчать, що в рецептурі № 1 хінкалі «Перчені» міститься 74,17 % вологи, а в рецептурі № 2 хінкалі «Студентські» 70,70 %, що нижче даного показника в контрольному зразку, в якому вміст вологи складає 74,17 %. Вміст жиру в розроблених зразках знаходиться в межах 12,36 % – 12,33 %, що значно перевищує його вміст в контрольному зразку, де вміст жиру складає 6,15 %, це зумовлено присутністю у складі рецептури сала. Вміст білку в контрольному зразку складає 17,27 %, що перевищує дослідні зразки, в яких даний показник складає 14,49 % і 14,70 %, відповідно. Вміст золи в контролі і дослідних зразках знаходиться в межах 2,17 %–2,45 %.

Важливим критерієм в оцінці споживачем напівфабрикату та готової продукції є органолептичні показники. Органолептична оцінка має вирішальне значення при проведенні контролю якості продукту для споживача, а саме в наданні чіткої картини щодо характерних особливостей і виняткових якостей.

Органолептичну оцінку хінкалі здійснювали за основними показниками: зовнішній вигляд, смак, запах, колір та консистенція. Оцінка смаку і запаху проводилася з урахуванням притаманності даному виду продукту, гармонійності поєднання компонентів рослинної та рибної сировини, наявності сторонніх присмаків та запахів. Зовнішній вигляд та колір оцінювали за типовістю, інтенсивністю. Під час оцінки консистенції, звертали увагу на щільність, соковитість.

Колір хінкалі, як один із характеристик органолептичної оцінки, був зумовлений доповненням до фаршевої начинки рослинної сировини, тому дослідні зразки вирізнялися яскравістю, порівняно з контролем. Дослідні зразки мали достатньо приємний, гармонійний запах та смак, що виокремлювалися вишуканістю в порівнянні з контролем. У розроблених зразках хінкалі було відмічено відсутність сильно вираженого рибного присмаку і запаху, порівняно з контролем, що є важливою характеристикою для рибних продуктів, особливо з прісноводної риби. Консистенція дослідних зразків, порівняно з контролем, була більш ніжною та соковитою, що зумовлено присутністю у рецептурному складі сала.

Дегустаційна оцінка хінкалі була проведена згідно з розробленою шкалою з балами від одного до п'яти. Результати п'ятибальної оцінки представлено у вигляді діаграми на рисунку 1.

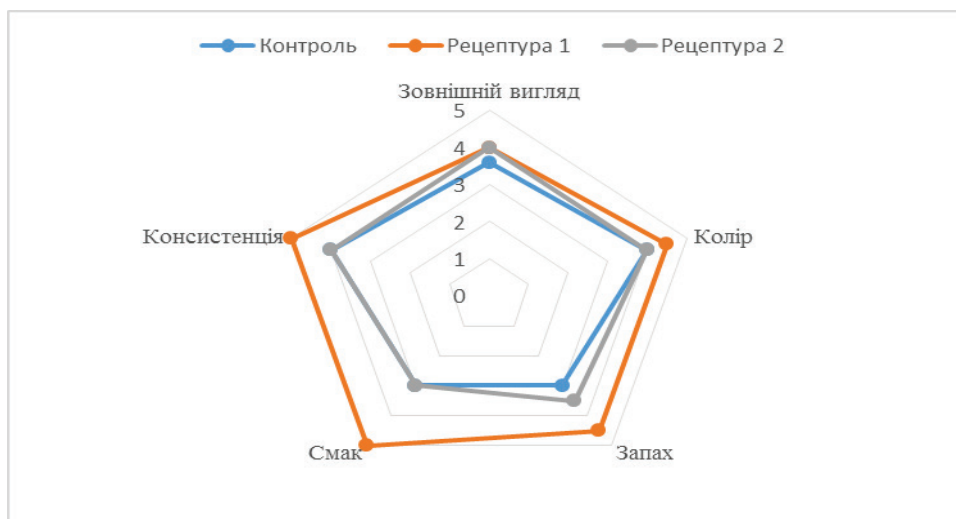


Рис. 1. Органолептична оцінка хінкалі

З рисунка 1 видно, що найвищі бали органолептичної оцінки, одержав зразок 1, у якого значення всіх показників значно перевищували контрольний зразок. Дослідний зразок приготований за рецептурою 2, характеризувався вищим балом органолептичної оцінки за показниками зовнішнього вигляду і смаку, порівняно з контролем.

Висновки

Застосування інноваційних технологій виготовлення напівфабрикатів в тістовій оболонці дозволяє створити продукцію підвищеної харчової, біологічної цінності, та доступну в ціновому відношенні. Використання сировини рослинного і тваринного походження в у рецептурному складі фаршевих систем покращує органолептичні показники готової продукції: приховує рибний смак і запах, надає соковитості консистенції.

Література:

Фатыхов Ю. А. Изучение рынка мороженых рыбных полуфабрикатов и способ оценки их качества / Ю. А. Фатыхов, Д. Л. Альшевский, М. Н. Альшевская, Е. Е. Керевичене // Рыбная промышленность. – 2007. – № 1. – С. 8.

Лебська Т. К. Сучасні напрямки формування асортименту та якості заморожених рибних напівфабрикатів / Т. К. Лебська, С. Л. Козлова // Товарознавство і торговельне підприємництво: фахова професіоналізація, дослідження, інновації : міжнар. науково-практичн. конф., 15-16 квітня 2009 р. : тези доп. – К., Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2009. – 168 – 170 с.

Мищенко Д. В. Совершенствование технологии производствапельменей из рыбы / Д. В. Мищенко // Евразийский научный журнал – 2015 – №7 – С. 95–96.

Казакова Н.В. Особенности технологии производства рыбных мороженных полуфабрикатов на предприятии ООО «Салехардский комбинат» / Н.В. Казакова, М.Г. Волынкина // Молодой ученый – 2014 – № 8 (11) – С. 34–38.

Abstract. Perspectives of production of fish semi-finished products rolled in dough are



considered in work. The recipe of khinkali stuffed with grass carp meat mixture with vegetal ingredients is shown. Organoleptic parameters of developed samples are estimated and compared with control meanings. Chemical composition of fillings is researched. Reasonability of vegetal ingredients usage in fish khinkali is proven. It is shown that the usage of vegetal ingredients allow to increase its nutrition value, improve its taste and flavour characteristics, colour and structure.

Key words: fish, semi-finished products, vegetal ingredients, recipe, organoleptic parameters

References:

1. Fatyhov Ju. A., Al'shevskij D. L., Al'shevskaja M. N., Kerevichene E. E. (2007). Izuchenie rynka morozhenyh rybnyh polufabrikatov i sposob ocenki ih kachestva [Study of the market of frozen fish semi-finished products and a method of assessing their quality] in *Rybnaja promyshlennost'* [Fishing industry], issue 1, p. 8.
2. Lebs'ka T. K., Kozlova S. L. (2009). Suchasni naprjamki formuvannja asortimentu ta jakosti zamorozhenih ribnih napivfabrikativ [Modern directions of formation of assortment and quality of frozen fish semi-finished products] in *Tovaroznavstvo i torgovel'ne pidpriemnictvo: fahova profesionalizacija, doslidzhennja, innovacii* [Commodity and trade entrepreneurship: professional specialization, research, innovation] : tezi dop. Kiiv. nac. torg.-ekon. un-t, pp. 168-170.
3. Mishhenko D. V. (2015). Sovershenstvovanie tehnologii proizvodstva pel'menej iz ryby [Improving the technology of production of pelmeni from fish] in *Evrasijskij nauchnyj zhurnal* [Eurasian Scientific Journal] issue 7, pp. 95-96.
4. Kazakova N.V., Volynkina M.G. (2014). Osobennosti tehnologii proizvodstva rybnyh morozhennyh polufabrikatov na predpriyatii OOO «Salehardskij kombinat» [Features of the technology of production of fish ice-cream semifinished products at the Salekhard Plant] in *Molodij vchenij* [Young scientist] issue 8 (11), pp 34-38.

Науковий керівник: асистент Менчинська А.А

Статья отправлена: 22.11.2017 г.

© Менчинська А.А.



УДК 664:678.048

USE OF ANTIOXIDANTS IN THE FOOD INDUSTRY (REVIEW ARTICLE)**ВИКОРИСТАННЯ АНТИОКСИДАНТІВ В ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ****(ОГЛЯДОВА СТАТТЯ)****Tyshchenko L.M. / Тищенко Л.М.***s.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.*

ORCID: 0000-0002-3609-0920

Shakhvorostova V.M. / Шахворостова В.М.*master / магістр**National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,**Kyiv, street Heroiv Oborony 15, 03041**Національний університет біоресурсів і природокористування України,**Київ, вул. Героїв Оборони 15, 03041*

Анотація. В роботі розглядаються антиокислювачі та їх роль в харчових продуктах. Також в статті зазначається їх класифікація, механізм дії та використання в промисловості для: тривалого збереження корисності харчової цінності, запобігання окисненню, мікробному псуванню продуктів, а також запобігання розвитку хвороб у людей. Метою статті є донесення важливості застосування і розуміння міри безпечності даних сполук.

Ключові слова: антиокислювачі, натуральні антиоксиданти, процес окиснення, фенольні з'єднання, терпеніни, каротиноїди, вітамін С, вітамін Е.

Вступ.

На сьогодні вживання якісних продуктів, є запорукою здорового харчування. Якість є відносним показником, оскільки характеризується наступними чинниками: здоров'я, безпечність, користь і задоволення [2]. Але продукти не є довговічними і вимагають певних умов обробки та зберігання для утримання їхньої цінності. Саме тому використовують антиоксиданти. Дана тема є актуальною, оскільки більшість людей не розуміють призначення цих сполук. Стаття є оглядова, для того щоб роз'яснити поняття «антиокислювачі», функції які вони виконують і галузь застосування.

Огляд літератури.

Відомо, що харчові олії складають 96 % тригліцеридів, які в свою чергу складаються із залишків жирних кислот. Ці з'єднання надзвичайно схильні до псування, продуктами якого є утворення летючих речовин, які формують неприємний смак і аромат, а також зміну кольору, щільності, в'язкості і розчинності [3]. Раніше люди вживали в основному жири тваринного походження. В наш час, 80 % світового виробництва жирів складають саме рослинні. Жири і олії характеризуються найвищою серед всіх макронутрієнтів енергетичною цінністю з точки зору здорового харчування.

Антиоксиданти вважаються надзвичайно важливою групою харчових добавок через їх унікальні властивості: низька токсичність, ефективність при низьких концентраціях, відсутність впливу на аромат і смакові характеристики харчових продуктів, висока розчинність в оліях, стабільність під час технологічної обробки, збільшення терміну придатності харчових продуктів. В біологічних системах антиоксиданти сприяють захисту від окислювального



стресу і виникнення серцево-судинних, неврологічних і онкологічних захворювань. Антиоксиданти поділяються на природні і синтетичні (рис.1):

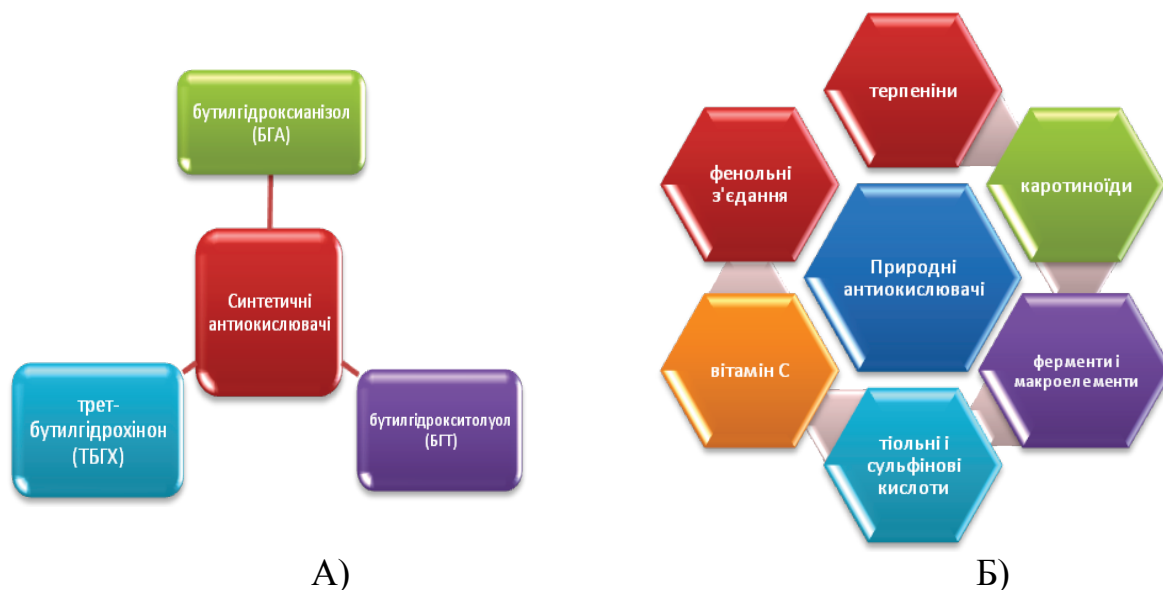


Рис. 1. Класифікація існуючих антиокислювачів: А) природних; Б) синтетичних [1].

Натуральні мають переваги над синтетичними, тому що вважаються безпечними з'єднаннями, містяться в багатьох харчових продуктах і мають підвищений інтерес і довіру серед людей. Але недоліком натуральних антиокислювачів є: висока собівартість, чутливість до дії світла, високої температури і зміни рН середовища.

Синтетичні антиокислювачі мають: низьку собівартість, високу стабільність до факторів навколишнього середовища, підвищену увагу до безпечності. Але недоліками є: низька розчинність у воді, незначний інтерес, заборона деяких антиоксидантів до використання та ін. [1].

Натуральні антиокислювачі містяться в багатьох фруктах і овочах, оліях, рослинах та інших продуктах.



Рис.2. Джерела надходження природних антиокислювачів



Фенольні з'єднання є найпоширенішим видом природних антиокислювачів. До них відносять: фенольні кислоти, фенольні дитерпени, флавоноїди, еферні масла [3].

Ефективним антиоксидантом групи фенольних кислот прийнято вважати розмаринову кислоту. Розмаринова кислота є природним антиокислювачем, який міститься в розмарині, м'яті і чебреці. Основний механізм антиокисної дії розмаринової кислоти – функція пастки вільних радикалів. Крім антиокисної здатності, розмаринова кислота також володіє антивірусними, антибактеріальними і антиспалахуючими властивостями. Розмарин і розмариновий екстракт показали свою ефективність при механічному обвалюванні м'яса індички, в свинячих паштетах, яловичому і свинячому фарші.

Листки розмарину, крім розмаринової кислоти, містять 5 % карнозола і карнозоевої кислоти (найбільш перспективних антиракових засобів). Карнозоева і розмаринова кислоти вважаються найпоширенішими антиокислювачами, що містяться в екстракті розмарину. Було проведено порівняльне дослідження ефективності використання різних натуральних і синтетичних антиокислювачів для стабілізації вершкового масла. Експериментальні вивчення реакцій нейтралізації радикалів вказують на те, що антиокислювальна активність екстракту карнозоевої кислоти складає 82,2 % і уступає лише трет-бутилгідрокінону (ТБГХ), перевищуючи активність інших з'єднань [3].

Кавова кислота – важливий представник натуральних фенольних кислот, широко використовуваних в харчових системах з метою уповільнення окиснення ліпідів, зниження інтенсивності їх псування і підвищення терміну придатності. Досліджено, що окиснення ліпідів в тканинах м'яса риби і тварин є причиною втрати реологічних властивостей. Зміна структури білків, викликаних окисненням ліпідів, впливає як на структуру, так і на здатність утримувати воду тканинами м'язів. Вважається, що внаслідок контакту з водною фазою, де утворюється багато радикалів, в тому числі гідроксильні, білки окислюються раніше ліпідів, а потім індукують окиснення останніх. Процеси окиснення білків риби проходять більш інтенсивно із-за присутності в них сульфідгідрильних груп, які характеризуються підвищеною лабільністю в умовах заморожування, дефростації і низьких значень рН. Кавова кислота діє в якості ефективного антиокислювача в змороженій подрібненій рибі [1].

Хлорогенова кислота гідролізується мікрофлорою кишечника людини з утворення метаболітів ароматичних кислот, включаючи кавову і хінонову. Вона широко поширена в овочах і фруктах. Зерна кави є основним джерелом хлорогенової кислоти в щоденному раціоні харчування людини, в якому її вміст складає приблизно 1 г в день [3].

Дитерпени – гідрофобні антиокислювачі, здатні захвачувати кисень, таким чином, попереджують переокислення і руйнування біомембран.

Флавоноїди – вторинні метаболіти рослин, які формують їх колір і аромат. Вони присутні в овочах, фруктах, бобах, горіхах, прянощах, а також продуктах їх переробки, зокрема у вині і чаї. Флавоноїди володіють функцією



антиокислювача, зв'язуючи іони перехідних металів, і слугують вільно радикальною пасткою. Флавоноїди володіють також і іншими корисними властивостями для здоров'я людини, зокрема протизапальними, протівірусними, протимікробними, вони знижують поширення онкологічних захворювань і покращують імунну систему.

Нарингін є природним флавоноїдом, який міститься в основному в цитрусових. Значний вміст нарингіна знайдено в шкірці грейфрута. Цей флавоноїд надає гіркий смак грейфруту. Нарингін використовується в спортивних добавках для схуднення. Він пригнічує апетит і сповільнює утворення ліпопротеїдів дуже низької щільності. Завдяки присутності нарингіна, вживання грейфрутів збільшує сприйнятливність організму до інсуліна, що є корисним в терапії сахарного діабета другого типу і ожиріння. Однак, наявність в раціоні харчування цього флавоноїда може негативно впливати на рівень жіночих статевих гормонів, що може викликати онкологію молочних залоз[1].

Особливою підгрупою флавоноїдів вважаються ізофлавоони. Основним джерелом ізофлавоонів в щоденному раціоні харчування людини є продукти, які містять сою. Доведено, що вживання сої являється фактором зниження вірогідності ряду хронічних захворювань, в тому числі остеопороза, онкологічних захворювань, хвороб серця та інших.

Більшість ефірних масел володіють антиокислювальними і антимікробними властивостями. Це обумовлено в першу чергу присутністю фенольних з'єднань, таких як тимол, карвакрол і евгенол, а також моноциклічних вуглеводів, зокрема терпінолена, α -і γ -терпінена. Евгенол обумовлює специфічний аромат гвоздик. На дереві мускатного горіха ростуть плоди, які зобов'язані своєму специфічному аромату летючому фенольному з'єднанню ізоевгенолу.

Спеції мускатного горіха містять багато хімічних з'єднань рослинного походження, відомих своїми антиокислювальними властивостями, здатністю попереджати захворювання і покращувати здоров'я. До них відносяться ефірні летючі масла, які надають мускатному горіху його солодкуватий присмак. В число цих масел входять міристицин, елеміцин, евгенол і сафрол. В харчовій промисловості ефірні масла в цілому або їх окремо виділені з'єднання використовують для зберігання якості сиру, хлібопекарських продуктів, соняшникової олії, виробів з м'яса при зберіганні і для контролю псування овочів і фруктів. Останнє являється більш складним із за діяльності мікроорганізмів і зменшення долі поліфенольних з'єднань під час дозрівання. Вчені з ціллю зниження швидкості псування столового винограду використовували метод активної упаковки і застосували евгенол і тимол концентрацією 75 і 150 μM в якості антимікробного агента. Впродовж 56 днів зберігання при температурі 15°C ступінь псування контрольного зразка складала майже 40 %, в той час як в присутності евгенола і тимолу з концентрацією 150 μM вона складала декілька процентів і знаходилась в межах статистичної похибки. Автори також повідомляють про відсутність негативних



змін якості винограду при застосуванні тимолу і еugenolu в зазначених концентраціях. Ці з'єднання є перспективними антимікробними добавками, які в майбутньому будуть використані в активній упаковці[3].

Масла майорана і орегано, які містять велику кількість монотерпенів, є ефективними антиоксидантами в яєчному жовтку.

Таніни – природні фенольні з'єднання, які осаджують білок. Таніни являються потужним джерелом природних антиокислювачів, входять до складу насіння і бобів, фруктів, трав і напоїв, отриманих із рослин. В дослідженнях визначення антиокислюваної активності, проведених Хагерманом, було показано, що таніни в 15-30 раз більш ефективні вільнорадикальні пастки, ніж прості фенольні з'єднання. Коньяк, витримуючись в дубових бочках насичується танінами, набуває гіркого і терпкого смаку, а також янтарний колір напою. Окислюючись, вони обумовлюють м'якість і повноту смаку. Аналіз вмісту танінів в коньяках використовується в якості методу виявлення фальсифікації продукції [1].

Вітамін Е являє собою комплексну суміш із 4 токоферолів ($\alpha, \beta, \gamma, \delta$), а також 4 токотрієнолів ($\alpha, \beta, \gamma, \delta$). Токоферолі – нерозчинні у воді з'єднання і необмежено розчинні в жирах, оліях і більшості органічних розчинників. Вони існують у вигляді в'язких олій блідо-жовтого кольору, не кристалізуються навіть при значному охолодженні. Найбільшим джерелом токоферолів є олії рослинного походження. Вміст цих з'єднань в оліях становить 50...1000 мг/кг. В жирах тваринного походження вміст токоферолів менший, наприклад, у вершковому маслі їх 20...50 мг/кг. В ковбасі салямі γ - токоферол ефективно гальмує окислення ліпідів, але він не здатен стабілізувати колір салямі. Токоферолі інших типів ефективно підвищують стабільність кольору, інгібують окислення жирів м'яса, саме тому їх добавляють в корм для тварин. Довгий час токоферолі використовуються в різних харчових продуктах в якості антиокислювачів. Зокрема, їх вносять в олії в кількості від 100 до 204 мг/кг, рибу і продукти з неї (351 мг/кг), молоко і молочні продукти (1 мг/кг), соки і фрукти, вироби із злакових культур і т.д. [3]. Наприклад, α -токоферол більш ефективніший, чим δ -токоферол в рапсовій олії при концентрації 50 $\mu\text{g}/\text{g}$ олії, а при підвищенні концентрації до 100 $\mu\text{g}/\text{g}$, активність δ -токоферолу буде вища. Ефективність цих з'єднань зростає в присутності синергістів, таких як лимонна і аскорбінова кислота. Підтверджено, що антиокислювальна активність різних токоферолів зменшується в порядку, який погоджується з їх біологічним потенціалом, а саме α -токоферол $>$ β -токоферол $>$ γ -токоферол $>$ δ -токоферол. Тенденція здорового харчування обумовлюється зростанням вживання цільнозернових продуктів. Перлова крупа містить велику кількість токоферолів і токотрієнолів, ніж звичайна, отримана шляхом помелу. Таким чином перлова крупа забезпечує підвищену антиокислювальну дію. Подібні явища також проявляються і в інших зернових, таких як пшениця і овес.

Каротиноїди – інтенсивно кольорові пігменти, синтезовані рослинами і мікроорганізмами, які містяться в харчових продуктах, особливо в овочах, фруктах і рибі. Вони сприяють дозріванню плодів під дією світла. Їх колір, який



мінється від жовтого до червоного, зумовлює забарвлення овочів і фруктів, в склад яких вони входять. Під час обробки харчових продуктів і їх зберігання природні каротиноїди можуть окислюватись і ізомеризуватись. Ізомеризація обумовлена виділенням кислот під час механічної і теплової обробки, а також дії світла, що призводять до певної втрати кольору каротиноїдів і активності, наприклад, провітаміна А. Каротиноїди, які повністю втратили свій колір і біологічну активність – причина утворення летких з'єднань, формуючих смак і аромат, що є бажаним для вина і чаю, і є небажане, наприклад, для моркви. Каротиноїди – гідрофобні з'єднання, які містяться в хлоропластах листків рослин у вигляді ліпопротеїнових комплексів, а в помідорах і моркві – в хромопластах в кристалічній формі. Швидкість засвоєння β -каротину збільшується при заміні сирої моркви на варену. Так, при вживанні β -каротину в кількості 15 мг, його засвоєння із сирої моркви складало 41,4 %, а із вареної – 65,1 %, в межах проведеного експерименту. Каротиноїди знайшли широке застосування в технології хлібопекарських і борошняних кондитерських виробів. При додаванні 5 мг β -каротину в 100 г пшеничного борошна в тісті залишається 95 % цього антиокислювача, а після виготовлення хліба його вміст складає 67 %. Через 7 днів зберігання вміст β -каротину знижується до 59 %. Значна частина каротиноїдів видаляється при фізичних методах обробки, таких як нарізання і подрібнення. Тому проміжок між попередньою механічною обробкою і подальшою технологічною необхідно скоротити. Пальмова олія є найбільшим природним джерелом каротиноїдів.

Аскорбінова кислота (вітамін С) є одним з найсильніших антиоксидантів, відомих науці [2]. В більшості випадків, аскорбінова кислота вважається синергістом, підвищуючи антиокислювальну активність багатьох антиокислювачів, розчинних в оліях, таких як, наприклад, токоферолі. Аскорбінова кислота вважається ефективним антиокислювачем при додаванні до заморожених фруктів і фруктових соків. В більшості заморожених персиків, абрикосів, слив, груш, нектаринів і бананів, вміст аскорбінової кислоти низький. Саме тому вони швидко втрачають колір і набувають неприємного присмаку під час нарізання і дефростації. Додавання аскорбінової кислоти до фруктів, які містять велику його кількість, таких як полуниця, вишня і ананас, також корисно. Аскорбінова кислота ефективна у свіжій, солений, покритій льодом, а також замороженій рибі. Вона часто додається в якості антиокислювача до фруктових напоїв, а також до пива і консервованих продуктів, які можуть містити певну кількість повітря. Також підвищує смак, аромат і прозорість вина, а також допомагає стабілізувати окисно-відновний потенціал харчових продуктів. Аскорбінова кислота ефективно попереджає обезбарвлення свіжого і копченого м'яса, а також окислення жирів. Цей антиокислювач забезпечує збереження червоного кольору на протязі 6 тижнів зберігання. Шипшина містить значну кількість вітаміну С [1].

Окислення може відбуватись не тільки в ліпідах, а й в білках і вуглеводах. В білках: при нагріванні до температур, вище 300 °C, що звичайно відбувається під час обжарювання і приготування на грилі, окремі фрагменти амінокислот



зазнають розкладу і піролізу. Деякі з цих з'єднань є надзвичайно канцерогенними. Таким чином, помірне вживання шашлику або видалення з нього кірочки дозволить зменшити ризик виникнення онкологічних захворювань. У вуглеводах: утворення карамелі є прикладом корисного окислення, яке має місце за участю низькомолекулярних вуглеводів при високих температурах. Карамель використовується в безалкогольних напоях, борошняних кондитерських виробках, цукерках і інших харчових продуктах.

Варто також зазначити, що окиснення у ковбасних виробках дуже шкідливе для здоров'я. Ковбаси і сосиски заборонено обжарювати, варити чи піддавати іншій температурній обробці – компоненти, які містяться в даних продуктах здатні агресивно окислюватись і при цьому перетворюються на сильні канцерогени, які викликають рак [4].

Висновки: 1) Харчові продукти з часом втрачають свою харчову цінність. Основною причиною є окиснення. Для призупинення цих процесів використовують природні і синтетичні антиокислювачі. Природним антиоксидантам надають більшу перевагу, оскільки вони викликають довіру у споживачів;

2) Процеси окиснення є життєво важливими для людини. Дійсно, більшу шкоду викликає дія вільних радикалів, які утворюються в процесі окиснення і які продукують токсичні речовини. Сильна імунна система має антиокислювальний ефект;

3) Природні антиокислювачі містяться в оліях, овочах, фруктах, цитрусових, м'яті, чебреці та інших продуктах.

4) Антиокислювачі використовуються в багатьох харчових продуктах, виступаючи в ролі антиоксидантів, синергістів, антагоністів і навіть прооксидантів. Прооксидант – це сполука, яка проявляє протилежні властивості антиокислювача. Для того щоб антиоксидант проявляв ті чи інші характеристики, необхідні певному продукту потрібно звертати особливу увагу на умови термічної обробки, умови зберігання, хімічний склад, присутність катіонів металів та інші чинники.

5) Антиокислювачі широко використовують в харчовій промисловості, а саме: при виробництві м'ясних, молочних, хлібобулочних, олієвмісних, алкогольних напоїв та ін.

Література:

1. Природные антиоксиданты пищевых продуктов / М.О. Полумбрик [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2017. – 158 с.
2. Актуальні проблеми м'ясопереробної галузі / Л.В. Баль-Прилипко: Підручник. – Київ, 2011. – 288 с.
3. Madhavi D. L. Food antioxidants : technological, toxicological, and health perspectives food science and technology. 1996. New York. – 664p.
4. Баль-Прилипко Л.В. Рослинні компоненти лікувально-профілактичного призначення – пряна спокуса традиційних продуктів! / Л.В. Баль-Прилипко // Продовольча індустрія АПК. – 2017. - № 1-2. – с. 47.



Abstract. The work considers antioxidants and the irrolein food products. Also in the article it is noted their classification, mechanism of action and use in industry for: long-term preservation of utility and nutritional value, prevention of oxidation, microbial spoilage of products, as well as the prevention of the development of diseases in humans. The purpose of the article is toreport them portance of these compounds.

Keywords: antioxidants, oxidationprocess, phenoliccompounds, terpenes, carotenoids, vitamin C, vitamin E.

References:

1. Natural antioxidants of food products / M.O. Half-bridge [and other]. - Minsk: IEC of the Ministry of Finance, 2017. - 158 p.
2. Actual problems of the meat processing industry / L.V. Bal-Prilipko: A textbook. - Kiev, 2011. - 288 pp.
3. Madhavi D. L. Food antioxidants: technological, toxicological, and health perspectives food science and technology. 1996. New York. - 664p.
4. Bal-Prilipko L.V. Vegetable components of medical and prophylactic purpose - spicy temptation of traditional products! / L.V. Bal-Prilipko // Food industry of agrarian and industrial complex. - 2017 - No. 1-2. - with. 47

Науковий керівник: к.т.н., доцент Тищенко Л.М.

Стаття відправлена: 22.11.2017 г.

© Тищенко Л.М.



УДК 664.5:664.87

**THE STUDY OF QUALITY AND SAFETY INDICATORS OF SAUCES
WITH HIGH PECTIN CONTENT****ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА И БЕЗОПАСНОСТИ СОУСОВ С
ПОВЫШЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ ПЕКТИНА****Slashcheva A.V. / Слащёва А.В.***s.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.*

ORCID: 0000-0002-8195-8944

*Donetsk National University of Economics and Trade**named after Mykhailo Tugan-Baranovsky, Kryvyi Rih, Travnaya str., 16, 50005**Донецкий национальный университет экономики и торговли**имени Михаила Туган-Барановского, Кривой Рог, ул. Трамвайная, 16, 50005*

Аннотация. В работе определены основные показатели качества и безопасности соусов на основе полуфабриката на основе пюре тыквы и плодов облепихи с повышенным содержанием пектина. Установлено, что в период установленного срока хранения по микробиологическим и физико-химическим показателям разработанные соусы соответствуют требованиям стандартов.

Ключевые слова: полуфабрикат из тыквы и облепихи, повышенное содержание пектина, соусы, показатели безопасности, показатели качества.

Вступление.

Соусы представляют собой особую группу продуктов, способных обогатить основное блюдо минеральными веществами, витаминами и пищевыми волокнами, в том числе пектиновыми веществами [1]. Для получения соусов с высоким содержанием биологически активных веществ в нашей стране и за рубежом используют разнообразное сырье, но особую ценность в данном отношении представляют растения с повышенным содержанием пектиновых веществ [2], поскольку актуальной проблемой является постоянное повышение техногенной нагрузки на организм человека. Одним из путей решения этой проблемы является разработка готовых к употреблению продуктов с повышенным содержанием пектинов [3], в частности, соусов.

Основной текст.

Анализ технологии и состава традиционных соусов показал, что продукты соответствуют требованиям нормативной документации по качественным показателям, при этом внимание на биологической ценности не акцентируется. Ее значительно снижает проведение термической обработки, во время которой происходит разрушение лабильных биологически активных веществ сырья [4]. Следует отметить, что ассортимент таких соусов носит ограниченный характер, поэтому ученые предлагают новые технологии соусов, при этом решаются задачи создания принципиально новых продуктов профилактического назначения с прогнозируемыми свойствами, а также расширение их ассортимента [5].

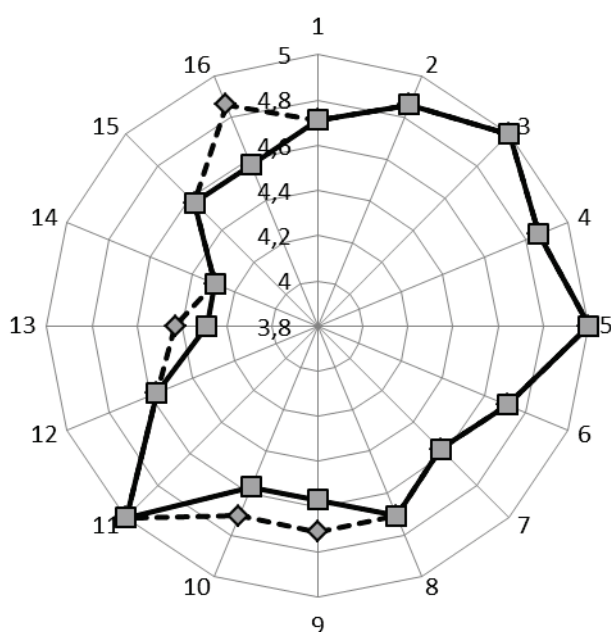
Нами предложено ресурсосберегающую технологию полуфабриката на основе пюре тыквы и плодов облепихи, который позволяет получать продукт с



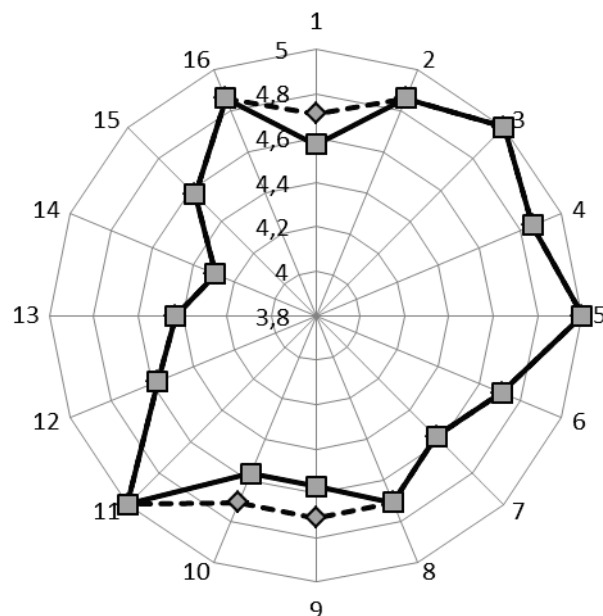
повышенным содержанием низкоэтерифицированных пектинов [6]. Разработанный полуфабрикат рекомендован для использования в технологиях соусов и топпингов для кондитерских изделий и десертов (соус «Золотинка» десертный), а также некоторых мясных и рыбных блюд (соус «Золотинка» пряный).

Специфика сырья и технологии разработанного полуфабриката требуют детального исследования показателей безопасности готовых консервированных соусов на его основе. Согласно нормативной документации за период хранения (до 90 суток в консервированном виде) в продукте не должно происходить процессов, которые повлияют на изменение качественных свойств соусов. Для установления изменений качества соусов «Золотинка» (десертного и пряного) проводились исследования органолептическим, физико-химическим и микробиологическим показателям. Показатели качества определяли до и после хранения в течение 90 суток.

Для определения изменений органолептических показателей соусов при хранении было разработано шкалу сенсорной оценки, которая представлена графически в виде отдельных дескрипторов на круговых органолептических профилях, где величина каждой из составляющих органолептической оценки отмечена по 5-балльной шкале. После определения органолептических показателей были построены органолептические профили (рис.1) с выделением следующих дескрипторов: внешний вид (1 – однородность; 2 – текучесть); консистенция (3 – плотность; 4 – вязкость); цвет (5 – интенсивность; 6 – чистота; 7 – однородность; 8 – натуральность); запах (9 – чистота; 10 – выразительность; 11 – сбалансированность); вкус (12 – сладость; 13 – интенсивность; 14 – однородность; 15 – текстура; 16 – натуральность).



Соус «Золотинка» десертный



Соус «Золотинка» пряный

Рис. 1. Органолептические профили соусов:
 - - - свежеизготовленный соус; ----- соус после хранения.



Как свидетельствуют результаты исследования (рис. 1), после 90 суток хранения в соусе десертном было отмечено незначительное снижение выраженности запаха, а также интенсивности и натуральности вкуса облепихи, а в соусе пряном снизились гладкость поверхности, блеск и выраженность запаха пряностей.

Одними из важных характеристик качества готовых соусов являются его физико-химические показатели, в том числе содержание пектиновых веществ и β -каротина, которые обуславливают их физиологически функциональную ценность (табл. 1).

Таблица 1

Физико-химические показатели качества соусов (n=3, $\leq 0,05$)

Наименование продукта	Массовая часть, %			Пектиновые вещества, %	β-каротин, 10 ⁻³ %
	сухие раствори мые вещества	моно- и дисахари ды	титрован- ные кислоты		
Соус «Золотинка» (десертный)					
свежеизготовл.	50,7	19,8	0,7	5,52	68,24
после хранения	51,2	19,9	0,7	5,47	68,22
Соус «Золотинка» (пряный)					
свежеизготовл.	51,4	19,6	0,7	5,50	70,15
после хранения	52,0	19,7	0,7	5,44	69,12

Установлено, что во время хранения в течение 90 суток в соусах «Золотинка» наблюдается незначительное снижение содержания сухих веществ. Содержание пектина в соусе десертном уменьшается на 8,9 %, в пряном – на 13,4 %; содержание β -каротина также снижается соответственно на 14,0 % и 16,8 % по сравнению со свежеизготовленными соусами. В целом, полученные данные свидетельствуют, что даже при максимальном сроке хранения (90 суток) соусы являются безопасными, а потери биологически активных веществ незначительны.

Для определения уровня безопасности проводились исследования микробиологических показателей и сравнивались со стандартно допустимыми нормами согласно стандарту Украины (ДСТУ 6087:2009 Консерви. Соуси фруктові. Технічні умови), результаты приведены в табл. 2.

Установлено, что во время хранения в течение 90 суток в соусах «Золотинка» содержание БГКП, молочнокислых микроорганизмов и дрожжей не обнаружено, количество мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов и плесневых грибов возрастает, но эти показатели находятся ниже допустимого уровня. Таким образом, во время хранения соусов органолептические, физико-химические и микробиологические показатели обеспечивают качество и безопасность готового продукта.



Таблица 2

Микробиологические показатели соусов (n=3, ≤0,05)

Наименование продукта	Показатель				
	КМАФАМ, КУО в 1,0 г, не больше	БГКП (количества), в дм ³	Молочно-кислые микроорганизмы, КУО в 1,0 г	Дрожжи, КУО в 1,0 г	Плесневые грибы, КУО в 1,0 г
Допустимый уровень	5,0×10 ³	не допускается	не допускается	не допускается	не более 5,0
Соус «Золотинка» (десертный)					
свежеизготовленный	1×10 ³	не обнаружено	не обнаружено	не обнаружено	1,0
после хранения	2×10 ³	не обнаружено	не обнаружено	не обнаружено	3,0
Соус «Золотинка» (пряный)					
свежеизготовленный	1×10 ³	не обнаружено	не обнаружено	не обнаружено	1,0
после хранения	2×10 ³	не обнаружено	не обнаружено	не обнаружено	3,0

Заключение и выводы.

Были определены основные показатели качества и безопасности соусов десертного и пряного «Золотинка» на основе полуфабриката из тыквы и плодов облепихи. Установлено, что в период установленного срока хранения в консервированном виде в течение 90 суток по микробиологическим и физико-химическим показателям разработанные соусы соответствуют требованиям стандартов, а органолептические показатели в целом остаются стабильными весь период хранения.

Литература:

1. Saha D., Bhattacharya, S. Hydrocolloids as thickening and gelling agents in food: a critical review // Journal of Food Science and Technology. – 2010. – Issue 6. Volume 47. – P. 587–597. DOI:10.1007/s13197-010-0162-6
2. Steve W.Cui, Yoon HyukChang. Emulsifying and structural properties of pectin enzymatically extracted from pumpkin // Food Science and Technology. – 2014. – Issue 58. Volume 2. – P. 396-403. DOI:10.1016/j.lwt.2014.04.012
3. Штонда О.А., Куценко Ю.Б., Корець Л.І. Дослідження функціональних властивостей варених ковбас із додаванням пшеничної клітковини з пектином гарбуза // Научные труды SWorld. – Выпуск 48. Том 1. – Иваново: Научный мир, 2017. – С. 54-58.



4. Ptichkina N.M., Markina O.A., Rummyantseva G.N. Pectin extraction from pumpkin with the aid of microbial enzymes // Food Hydrocolloids. – 2008. – Issue 1. Volume 22. – P. 192-195. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2007.04.002

5. Хомич, Г.П. Наукові основи технології переробки фруктово-ягідної дикорослої сировини: дис. ... докт. техн. наук: 05.18.13 / Хомич Галина Панасівна. – Одеса, 2012. – 366 с.

6. Гніцевич В.А. Обґрунтування можливості використання ферментних препаратів у технологіях рослинних напівфабрикатів з підвищеним вмістом пектинових речовин / В.А. Гніцевич, А.В. Слащева, М.В. Івашченко // Науковий журнал «Вісник ДонНУЕТ». Серія: Технічні науки. – Донецьк: ДонНУЕТ. – 2014. – №1(58). – С. 37-45.

Abstract. Identified key indicators of quality and safety of sauces «Zolotinka» (sweet and spicy) on the basis of the semi-finished product of pumpkin and sea-buckthorn fruits. It is established that in the period of an established period of storage in canned form within 90 days for microbiological and physico-chemical indicators of the developed sauces meet the requirements of the standards and organoleptic characteristics remain broadly stable for the entire storage period.

Key words: semifinished product from pumpkin and sea buckthorn, the high content of pectin, sauces, safety indicators, quality indicators.

References:

1. Saha, D. & Bhattacharya, S. (2010), Hydrocolloids as thickening and gelling agents in food: a critical review, Journal of Food Science and Technology, Volume 47, Issue 6, pp. 587–597. DOI:10.1007/s13197-010-0162-6

2. Steve W.Cui, Yoon HyukChang (2014), Emulsifying and structural properties of pectin enzymatically extracted from pumpkin, Food Science and Technology, issue 58, vol. 2, pp. 396-403. DOI:10.1016/j.lwt.2014.04.012

3. Shtonda O.A., Kutsenko Yu.B., Korets L.I. (2017). Doslidzhennya funktsionalnih vlastivostey varenih kovbas iz dodavannyam pshenichnoyi klitkovini z pektinom garbuza [The study of the functional properties of boiled sausages with the addition of wheat fiber with pectin pumpkin] in *Naučnye trudy SWorld* [Scientific works SWorld], issue 48, vol. 1, pp. 57-58.

4. Ptichkina, N.M., Markina, O.A., Rummyantseva, G.N. (2008). Pectin extraction from pumpkin with the aid of microbial enzymes, Food Hydrocolloids, vol. 22, issue 1, pp. 192-195. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2007.04.002

5. Homich, G.P. (2012). *Naukovi osnovi tehnologiyi pererobki fruktovo-yagldnoyi dikorosloyi sirovini* [Scientific bases of technology of processing of fruit and berries wild-growing raw materials], Odessa, 366 p.

6. Gnitsevich, V.A., Slashcheva, A.V., Ivashchenko, M.V. (2014). *Obgruntuvannya mozhlivosti vikoristannya fermentnih preparativ u tehnologiyah roslinnih napivfabrikativ z pldvischenim vmistom pektinovyh rechovin* [The substantiation of possibility of application of enzymatic preparations in the technologies of vegetable raw materials with a high content of pectin substances], Naukoviy zhurnal «Visnik DonNUET», Part: Tehnichni nauki, Donetsk, No. 1 (58), pp. 37-45.

Статья отправлена: 26.11.2017 г.

© Слащева А.В.



УДК 644: 633/635

**PROSPECTS OF USING KROHMALCONTAINING RAW MATERIAL
AS A SAHAROSUMEN FOR TECHNOLOGY OF PRODUCTS FROM
YEAST TEST****ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КРОХМАЛСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ В
КАЧЕСТВЕ САХАРОЗАМЕНИТЕЛЯ ДЛЯ ТЕХНОЛОГИИ ИЗДЕЛИЙ ИЗ
ДРОЖЖЕВОГО ТЕСТА****Попова С.Ю. / Popova S.Yu.***s.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.*

ORCID: 0000-0002-1548-8788

*Donetsk National University of Economics and Trade
named after Mykhailo Tugan-Baranovsky, Kryvyi Rih, Tramvaina str., 16, 50005**Донецкий национальный университет экономики и торговли
имени Михаила Туган-Барановского, Кривой Рог, ул. Трамвайная, 16, 50005*

Аннотация. В статье научно обоснована и разработана ускоренная технология дрожжевого полуфабриката с использованием вторичных продуктов переработки картофеля. Исследован фракционный состав вторичного картофельного сырья после заморозки. Разработан оптимальный способ и режим сушки картофельного пюре. Описан ускоренный способ получения дрожжевого теста с использованием сухой картофельной добавки.

Ключевые слова: хлебобулочные изделия, дрожжевой полуфабрикат, ускоренная технология, вторичные продукты переработки картофеля, сухая картофельная добавка, низкотемпературная обработка, радиационная сушка.

Вступление.

Анализ литературных источников показал, что в последние годы широкое распространение получила разработка ускоренных технологий производства хлебобулочных изделий за счет введения дополнительных ингредиентов или дополнительных операций [1]. Одним из наиболее распространенных направлений в этой области является поиск природных сахарозаменителей полученных из крохмала, так как потребность производства сахаристых веществ растет быстрее, чем их производство, что в конечном итоге приводит к появлению дефицита и повышению цен на традиционный сахар [5,8].

Основной текст.

На предприятиях хлебопекарной промышленности процесс тестообразования является достаточно длительным, что приводит к значительной потери времени, поэтому создание ускоренных технологий позволит сократить время приготовления хлебобулочных изделий. Также проблема создания безотходных технологий очень остро стоит в концепции создания ресурсосберегающих технологий Украины. [4]. Поэтому, актуальным является вопрос создания принципиально новых ускоренных технологий производства хлебобулочных изделий с использованием натурального сырья [7].

В качестве продукта для получения сахаристых веществ были исследованы вторичные продукты переработки картофеля (ВППК) предварительно обработанные 2,5%-ым раствором лимонной кислоты, для предупреждения



процесса окисления аминокислоты тирзина под действием фермента тирозиназы в дальнейшем измельченные и замороженные при температуре -40°C в течении 90 мин. Вследствии процесса гидролиза крахмала на этой стадии происходит образование углеводов, таких как сахароза, глюкоза, фруктоза, мальтоза, и небольшое количество низкомолекулярных декстриновых веществ (табл. 1).

После замораживания картофельное пюре подвергалось кондуктивно-радиационной сушке до массовой доли влаги в конечном продукте 12%. Сухие продукты с массовой долей влаги не более 12% согласно ГОСТ 13342-77 имеют достаточно длительный срок хранения (6 месяцев), а также более удобны при использования на предприятиях хлебопекарной промышленности.

Таблица 1

Концентрации оптически активных углеводов в растворах картофеля ($n=5, \leq 0,05$)

Углевод	Вторичные продукты переработки картофеля		Сухая картофельная добавка	
	Концентрация $C, \%$	Масса $m, \text{г}$	Концентрация $C, \%$	Масса $m, \text{г}$
Сахароза	29.84	0.3916	0.83	0.04248
Фруктоза	5.41	0.0710	28.98	1.47578
Мальтоза	—	—	40.16	2.04473
Глюкоза	64.75	0.8499	29.98	1.52650
Декстрин	—	—	<0.05	0.00241
Вместе:	100.00	1.3125	100.00	5.0919

Сухую картофельную добавку (СКД) мы предлагаем вводить в среду предварительной активации дрожжей (ПАД).

Для определения оптимальных параметров процесса предварительной активации дрожжей был использован метод планирования эксперимента. В результате проведения данного эксперимента было установлено, что температура активации колеблется в пределах $30...35^{\circ}\text{C}$, а продолжительность составляет 18...20 мин. [3].

На следующем этапе работы было проведено ряд экспериментальных исследований по установлению оптимальной концентрации СКД к массе муки [2]. Исследования проводили на основании изменений биотехнологических свойств дрожжей (осмочувствительности и подъемной силе). Исходя из полученных данных установлено, что наибольшая зимазная и мальтазная активность дрожжей наблюдается при концентрации СКД в количестве 5% к массе муки. Полученные результаты газообразующей и газодерживающей способности модельных систем дрожжевых тестовых заготовок также подтвердили целесообразность введения СКД в количестве 5% к массе муки. Такая концентрация добавки позволяет сократить время брожения теста от 1 до 1,5 часов [5].



Следующим этапом работы была разработка ускоренной технологии хлебобулочных изделий с использованием СКД. Предложенный нами ускоренный способ приготовления дрожжевого теста позволит значительно сократить процес адаптации дрожжей к условиям среды, интенсифицировать процес брожения теста и убрать из рецептуры сахар. Способ получения изделий из дрожжевого теста с использованием СКД проводили следующим образом. Активацию дрожжей проводили при температуре 30-35⁰С в течении 18-20 мин. с для этого подготовленную сухую картофельную добавку вводили в предварительно розведенные в воде дрожжи. После окончания активации вводили остаток рецептурной воды, муку, маргарин и провели замес теста в течении 10-15 мин., потом тестовой полуфабрикат оставили для брожения на 60-90 мин. при температуре 30-35⁰С в процессе которого провели обминку теста несколько раз. Тесто, после брожения подвергается разделке, формовке, выпечке, охлаждению и упаковке. Проведенный комплекс исследований позволил научно обосновать рецептурный состав хлебобулочных изделий с использованием СКД без добавления рецептурного сахара. (табл. 2).

Таблица 2

Рецептурный состав хлебобулочных изделий с использованием СКД

Название сырья	Расход сырья на 100 кг продукта
Мука пшеничная	64100
Сухая картофельная добавка	3400
Дрожжи пресованные	1900
Жировой компонент	2900
Соль кухонная	1000
Сухой яичный порошок	3400
Вода	25800

Заключение и выводы.

Таким образом можно сделать вывод: разработан новый способ переработки вторичного растительного сырья, а также, проведенные экспериментальные исследования позволили разработать ускоренный способ приготовления дрожжевого теста с использованием предварительной активации дрожжей. Способ положено в основу производства хлебобулочных изделий с сокращенным временем тестообразования до 35-40% .

Литература:

1. Лебеденко, Т. Є., Кожевнікова, В. О., Соколова, Н. Ю. (2015). "Удосконалення процесу активації дріжджів шляхом використання фітодобавок". Харчова наука і технологія, 2 (31), с. 25–33. doi: 10.15673/2073–8684.31/2015.44264
2. Никифоров Р. П., Попова С. Ю., Слащева А. В., Коренець Ю. М. (2016) Дослідження впливу білково-вуглеводного напівфабрикату на технологічні властивості дріжджового напівфабрикату, отриманого прискореним способом/



Східно-Європейський журнал передових технологій, № 11 (80), с. 24-31. DOI: 10.15587/1729-4061.2016.64294

3. Попова, С. Ю. Оптимізація процесу попередньої активації дріжджів [Текст] / С. Ю. Попова, Р. П. Никифоров, А. В. Слащева // Технологічний аудит і резерви виробництва. – 2015. – Т. 5, № 4(25). – С. 29–35. doi: 10.15587/2312–8372.2015.51760

4. Hager, A.-S., Zannini, E., Arendt, E.K. (2012), "Formulating breads for specific dietary requirements", Breadmaking (Second edition), pp. 711–735. doi: 10.1533/9780857095695.4.711

5. Лебеденко Т.Е., Соколова Н.Ю., Кожевникова В.О. (2015) Современные представления о пищевой ценности хлебобулочных изделий. Основные направления для их коррекции / Зерновые продукты и комбикорма, 2 (58), с. 19–25. doi: 10.15673/2313478x.58/2015.46011

6. Cauvain, S.P. (2016), "Breadmaking Processes", Reference Module in Food Science, from Encyclopedia of Food and Health, pp. 478–483. doi: 10.1016/B978–0–12–384947–2.00087–8

7. Huang, S., Miskelly, D. (2016), "Optional Ingredients for Dough", Steamed Breads, pp. 47–63. doi: 10.1016/B978–0–08–100715–0.00004–5

8. Rosell, C.M. (2012), "Nutritionally enhanced wheat flours and breads", Breadmaking (Second edition), pp. 687–710. doi: 10.1533/9780857095695.4.687

Abstract. *In the article scientifically grounded and developed speed-up technology of zymic intermediate product with the use of afterproducts of processing of potato. Factious composition of the second potato raw material is investigational after freezing. An optimum method and mode of drying of the mashed potatoes is developed. The speed-up method of receipt of zymic test is described with the use of dry potato addition.*

Key words: *bakegoodss, zymic to the intermediate product, speed-up technology, afterproducts of processing of potato, dry potato addition, low temperature treatment, radiation drying.*

References:

1. Lebedenko, T. E., Kozhevnikova, V. O., Sokolova, N. Yu. (2015), "Improving the activation process of the yeast through the use of herbal supplements" ["Udoskonalennya protsesu aktivatsiyi drizhdzhiv shlyahom vikoristannya fitodobavok"], Food science and technology, 2 (31), pp.25–33. doi: 10.15673/2073–8684.31/2015.44264

2. Nykyforov, R. P., Popova, S. Ju., Slashcheva, A. V., Korenets, Yu. M. (2016). "Study of the protein-carbohydrate mix effect on the technological properties of short yeast-leavened dough", Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, Vol. 2. No. 11(80), 24–31. DOI: 10.15587/1729–4061.2016.64294

3. Popova, S. Ju., Nykyforov, R. P., Slashcheva, A. V. (2015). "Pre-activation optimization of the yeast", Technology audit and production reserves, 5/4(25), 29–35. doi: 10.15587/2312–8372.2015.51760

4. Hager, A.-S., Zannini, E., Arendt, E.K. (2012), "Formulating breads for specific dietary requirements", Breadmaking (Second edition), pp. 711–735. doi: 10.1533/9780857095695.4.711

5. Lebedenko, T. E., Kozhevnikova, V. O., Sokolova, N. Yu. (2015), "Modern ideas about the nutritional value of bakery products. The main directions of their correction" ["Sovremennyye predstavleniya o pischevoy tsennosti hlebobulochnyih izdeliy. Osnovnyie napravleniya dlya ih korrektsii"], Grain products and mixed fodders, 2 (58), pp. 19–25. doi: 10.15673/2313478x.58/2015.46011



6. Cauvain, S.P. (2016), "Breadmaking Processes", Reference Module in Food Science, from Encyclopedia of Food and Health, pp. 478–483. doi: 10.1016/B978-0-12-384947-2.00087-8
7. Huang, S., Miskelly, D. (2016), "Optional Ingredients for Dough", Steamed Breads, pp. 47–63. doi: 10.1016/B978-0-08-100715-0.00004-5
8. Rosell, C.M. (2012), "Nutritionally enhanced wheat flours and breads", Breadmaking (Second edition), pp. 687–710. doi: 10.1533/9780857095695.4.687

Статья отправлена: 26.11.2017 г.

© Попова С.Ю.



International periodic scientific journal

MODERN ENGINEERING AND INNOVATIVE TECHNOLOGIES

Heutiges Ingenieurwesen und
innovative Technologien

Issue №2

Vol.1

November 2017

Development of the original layout - Sergeieva Iuliia

Signed: 01.12.2017

Sergeieva Iuliia

Lußstr. 13

76227 Karlsruhe

e-mail: modenginovtech@gmail.com

site: www.moderntechno.de

*The publisher is not responsible for the reliability of the
information and scientific results presented in the articles*



With the support of research project SWorld
www.sworld.education



