

---

*SWorld*

Germany



---

*Svidlo K.V., Lazarieva T.A., Gorach O.O., Romanyuk O.N., Serheta I.V. et al.*

---

**DAS INTELLEKTUELLE UND TECHNOLOGISCHE  
POTENZIAL DES XXI JAHRHUNDERTS**  
INNOVATIVE TECHNOLOGIE, INFORMATIK, KYBERNETIK UND  
AUTOMATISIERUNG, ARCHITEKTUR UND BAUWESEN, CHEMIE UND PHARMA  
*INTELLECTUAL AND TECHNOLOGICAL POTENTIAL OF  
THE XXI CENTURY*

INNOVATIVE TECHNOLOGY, COMPUTER SCIENCE, CYBERNETICS AND  
AUTOMATION, ARCHITECTURE AND CONSTRUCTION, CHEMISTRY AND  
PHARMACEUTICALS

---

*Monographic series «European Science»*

*Book 23. Part 1.*

*In internationalen wissenschaftlich-geometrischen Datenbanken enthalten  
Included in International scientometric databases*

**MONOGRAPHIE**  
*MONOGRAPH*

*ScientificWorld-Net Akhat AV  
Karlsruhe 2023*

*Authors:*

Svidlo K.V. (1), Lazarijeva T.A. (1), Karolop O.O. (1), Gorach O.O. (2), Lobunko O. (3), Iskra O. (3), Lobunko D. (3), Ashhepkova N.S. (4), Kryvokulska N.M. (5), Borysiak O.V. (5), Hunko S.I. (5), Gorbachuk M.T. (6), Romanyuk O.N. (7), Zakharchuk M.D. (7), Titova N.V. (7), Romanyuk S.O. (7), Stakhov O.Y. (7), Tuyrikova O.M. (8), Serheta I.V. (9)

*Reviewers:*

*Ponomarenko Serhii Oleksiyovych*, Associate Professor, Candidate of Technical Sciences, National Technical University of Ukraine "Ihor Sikorskyi Kyiv Polytechnic University" (3)  
*Petukhova Tatyana*, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, International Humanities University (8)  
*Tkachuk Oleg*, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, South Ukrainian national Pedagogical University named after K.D. Ushynsky (8)  
*Ocheredko Oleksandr*, Head of Department of Social Medicine and Organization of public health services, National Pirogov Memorial Medical University (9)

**Das intellektuelle und technologische Potenzial des XXI Jahrhunderts:** Innovative Technologie, Informatik, Kybernetik und Automatisierung, Architektur und Bauwesen, Chemie und Pharma. Monografische Reihe «Europäische Wissenschaft». Buch 23. Teil 1. 2023.

**Intellectual and technological potential of the XXI century:** Innovative technology, Computer science, cybernetics and automation, Architecture and construction, Chemistry and pharmaceuticals. Monographic series «European Science». Book 23. Part 1. 2023.

**ISBN 978-3-98924-004-9**

**DOI: 10.30890/2709-2313.2023-23-01**

**Published by:**

*ScientificWorld-NetAkhatAV*

*Lußstr. 13*

*76227 Karlsruhe, Germany*

e-mail: [editor@promonograph.org](mailto:editor@promonograph.org)

site: <https://desymp.promonograph.org>

Copyright © Authors, 2023

Copyright © Drawing up & Design. ScientificWorld-NetAkhatAV, 2023



## ÜBER DIE AUTOREN / ABOUT THE AUTHORS

1. *Svidlo Karyna Vladimirovna*, Doctor of Technical Sciences, Professor, O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv - *Chapter 1 (co-authored)*
2. *Lazarijeva Tetiana Anatoliivna*, Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Ukrainian Engineering-Pedagogics Academy - *Chapter 1 (co-authored)*
3. *Karolop Olena Oleksandrivna*, Candidate of Pedagogical Sciences, Luhansk Taras Shevchenko National University - *Chapter 1 (co-authored)*
4. *Gorach Olha Oltksiivna*, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Kherson State Agrarian and Economic University - *Chapter 2*
5. *Lobunko Oleksandr*, Candidate of Technical Sciences, senior researcher, National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute" - *Chapter 3 (co-authored)*
6. *Iskra Oleksandr*, National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute" - *Chapter 3 (co-authored)*
7. *Lobunko Dmitriy*, National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute" - *Chapter 3 (co-authored)*
8. *Ashhepkova Natalja Sergeevna*, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Oles Gonchar Dnipro National University - *Chapter 4*
9. *Kryvokulska Nataliia Mykhailivna*, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, West Ukrainian National University - *Chapter 5 (co-authored)*
10. *Borysiak Olena Volodymyrivna*, Candidate of Economic Sciences, West Ukrainian National University - *Chapter 5 (co-authored)*
11. *Hunko Serhii Ivanovych*, West Ukrainian National University - *Chapter 5 (co-authored)*
12. *Gorbachuk Mykola Tykhonovich*, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, KNUTD Kyiv National University of Technologies and Design - *Chapter 6*
13. *Romanyuk Oleksandr Nykyforovych*, Doctor of Technical Sciences, Professor, Vinnytsia National Technical University - *Chapter 7 (co-authored)*
14. *Zakharchuk Maksym Dmutrovich*, student, Vinnytsia National Technical University - *Chapter 7 (co-authored)*
15. *Titova Nataliia Volodymyrivna*, Doctor of Technical Sciences, Professor, Odessa Polytechnic National University - *Chapter 7 (co-authored)*
16. *Romanyuk Serhii Oleksandrovyh*, Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer, Odessa Polytechnic National University - *Chapter 7 (co-authored)*
17. *Stakhov Oleksii Yaroslavovych*, Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer, Vinnytsia National Technical University - *Chapter 7 (co-authored)*
18. *Tuyrikova O.M.*, Candidate of Architectural Sciences, Associate Professor, Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture - *Chapter 8*
19. *Serheta Ihor Volodymyrovych*, Doctor of Medical Sciences, Professor, National Pirogov Memorial Medical University, Vinnytsya - *Chapter 9*



## Inhalt / Content

### CHAPTER 1

#### FOOD PRODUCTS FOR SPECIAL PURPOSES FOR PEOPLE UNDER CONSTANT STRESS

Introduction .....	7
1.1. The effect of chronic stress on the human body. Mechanisms of stress and adaptation .....	7
1.2. The use of dietary supplements of plant origin in the modeling of food products for people in conditions of constant stress.....	18
1.3. Modeling the daily food ration for people in conditions of constant stress.....	34
Conclusions .....	40

### CHAPTER 2

#### CURRENT STATE OF PRODUCTION AND PROSPECTS OF THE USE OF OILY FLAX SEED IN THE FOOD INDUSTRY

Introduction .....	41
2.1. Peculiarities of the morphological structure and agrotechnics of oil flax .	41
2.2. Use of linseed oil in the food industry .....	50
Conclusions .....	58

### CHAPTER 3

#### RESEARCH OF MECHANISMS OF DESTRUCTION AND PROTECTION COMPLEX THERMODYNAMIC SYSTEMS

Introduction .....	60
3.1. General provisions, terms and definitions.....	61
3.2. Methods of protection of technical systems.....	62
3.3. Separate means of ensuring thermal conditions.....	66
3.3.1. Screen and vacuum thermal insulation.....	66
3.3.2. Heat pipes.....	68
3.3.3. Radiation-optical coatings .....	69
3.4. Investigation of fracture mechanisms .....	71
3.4.1. Mechanisms of destruction of thermal protection materials .....	71
3.4.2. Effective enthalpy of destruction.....	73
3.4.3. Failure mechanisms of heat engine components .....	74
Conclusions .....	77

**CHAPTER 4****DEVELOPMENT OF A REMOTE CONTROL INTERFACE FOR AN ANTHROPOMORPHIC ROBOT**

Introduction .....	78
4.1. Analysis of the robot's interaction with the external environment .....	80
4.2. Analysis of designs of devices for remote control of anthropomorphic robots .....	83
4.3. Development of a structural diagram of the system of remote control of an anthropomorphic robot .....	86
Conclusions .....	89

**CHAPTER 5****CONVERGENCE OF CRITICAL TECHNOLOGIES AND ENVIRONMENTAL MANAGEMENT IN REGIONS BASED ON SUSTAINABLE AND INCLUSIVE DEVELOPMENT**

Introduction .....	90
5.1. Critical technologies in the context of relationship between the concepts of "sustainable development" and "inclusive development" .....	91
5.2. Regional environmentalisation as a factor for critical technologies development .....	92
Conclusions .....	95

**CHAPTER 6****RESEARCH OF PIEZORESISTIVE EFFECT IN SILICON FILMS AND DEVELOPMENT OF MEASURING TRANSDUCERS BASED ON THEM...97****CHAPTER 7****ANALYSIS OF THE TECHNOLOGIES OF PRE-SCREEN TOUCH PANELS**

Introduction .....	104
7.1. Technical features and principles of operation of the pre-screen touch panels.....	104
7.2. Technologies of pre-screen touch panels .....	106
7.2.1. Resistive pre-screen touch panels .....	106
7.2.2. Capacitive pre-screen touch panels.....	107
7.2.3. Acoustic surface wave (SAW) type.....	109
7.2.4. Infrared pre-screen touch panels.....	110
7.2.5. Optical pre-screen touch panels .....	111
7.2.6. PCAP technology .....	112
7.2.7. Acoustic Pulse Recognition Technology .....	113
Conclusions .....	114



**CHAPTER 8**  
**THEORY AND METHODS OF ARTISTIC AND DESIGN ACTIVITY**

Introduction ..... 115

8.1. The environmental approach is a basic method of artistic design ..... 116

8.2. Features of the implementation of the environmental approach  
in artistic and design activities ..... 121

8.3. Features of artistic and design activity in the architectural  
environment..... 125

8.4. Methodological aspects of artistic and design activity ..... 131

Conclusions ..... 141

**CHAPTER 9**  
**FEATURES OF ADAPTATION OF STUDENT YOUTH TO STRESSED  
EDUCATIONAL ACTIVITIES IN THE CONDITIONS OF MODERN  
INSTITUTIONS OF HIGHER EDUCATION**

Introduction ..... 144

9.1. Professional adaptation as a process of active adaptation of a person  
to production activities, a new social environment, working conditions  
and features of obtaining a specific specialty..... 144

9.2. Educationally significant professional adaptation and the factors  
determining it..... 148

Conclusions ..... 154

**References ..... 155**



# KAPITEL 1 / CHAPTER 1<sup>1</sup>

## FOOD PRODUCTS FOR SPECIAL PURPOSES FOR PEOPLE UNDER CONSTANT STRESS

DOI: 10.30890/2709-2313.2023-23-01-011

### Вступ

"Тихим вбивцею" ХХІ століття називають хронічний стрес, ігнорування сигналів та відкладення проблеми до останнього, які посиляє організм людини, призводить до чисельних смертей чи інвалідності. Для забезпечення працездатності людини в таких умовах потрібно забезпечення функціональної надійності усіх систем організму, стійкості і резервних можливостей організму. Оптимізація раціону харчування в екстремальних умовах за рахунок спеціальних харчових продуктів для даних умов (біологічно повноцінних і збалансованих за основними нутрієнтами продуктів) є важливим завданням для науковців у цій сфері діяльності.

### 1.1. Вплив хронічного стресу на організм людини. Механізми стресу і адаптації

Під впливом хронічного стресу центральна нервова система (ЦНС) стає вразливою, що може стати причиною переїдання, недоїдання, зловживання алкоголем, наркотиками або призвести до змін у поведінці, соціальної абстиненції. Реагуючи на стрес, людина, намагаючись розподілити багату на кисень кров по тілу, дихає швидше. Стрес може завдати труднощів, якщо ви маєте такі проблеми з диханням, як астма чи емфізема. Серце також працює швидше у стані стресу. Судини стискаються і задля забезпечення сили для термінової реакції спрямовують більше кисню у м'язи. Це сприяє підвищенню кров'яного тиску. Постійна гіпертонія посилює ризик інсульту й серцевого нападу. Своєю чергою це викликає больові відчуття по всьому тілу, бо хронічний стрес тримає м'язи в постійній напрузі. У стані стресу печінка виробляє додатковий цукор (глюкозу), щоб забезпечити нас енергією. Але організм може не впоратися з підвищеним рівнем глюкози, якщо цей стан перетікає у хронічний. Це збільшує ризик розвитку діабету II типу [1–2].

---

<sup>1</sup>*Authors: Svidlo Karyna Vladimirovna, Lazarijeva Tetiana Anatoliivna, Karolop Olena Oleksandrivna*



Особливе місце в формуванні патологічних проявів і порушенні фізіологічних процесів у людини належить факторам довкілля. Стресом називається неспецифічний нейроендокринний компонент мобілізаційної відповіді цілісного організму на будь-яку вимогу (стресор), що пред'являється. Стресори: 1) подразники, які реально загрожують гомеостазу (наприклад, біль, гіпоксія, голод, антигенна агресія); 2) подразники несподівані або такі, що порушують стереотип; 3) подразники, потенційно небезпечні (на основі попереднього досвіду [1, 3–4].

Стрес як нейроендокринний процес вперше в 1936 році описаний канадським патофізіологом Г. Сельє [4]. Стресори різного походження призводять до численних порушень метаболізму, які відомі як “хвороби адаптації”. За сучасними уявленнями, життєздатність організму в надзвичайній ситуації тим вище, чим краще клітини життєво важливих органів переносять гіпоксію. Це стосується усіх видів гомеостазу, репродуктивної функції, диференціації, імунітету, росту та розвитку як людини, так і тварин. На сучасному етапі розвитку медико-біологічних наук актуальною проблемою є вивчення хелатоутворюючих металів у клітинах при дії на організм стресових та патогенних факторів і фізіологічних подразників, а також загальних закономірностей змін клітинного метаболізму. Вивчення характеру клітинних реакцій на вплив стресорів. із точки зору факторів значний інтерес представляють дослідження щодо ролі міді, магнію, цинку, які беруть участь у багатьох процесах метаболізму. Цинку у клітинах організму людини та тварин його міститься більше, ніж усіх інших мікроелементів, крім того, цинк займає 27 місце серед інших металів у земній корі. Він бере участь у транскрипції генів, диференціації, росту та розвитку організмів, репродукції, імунних реакціях, входить до активного центру білків, більш ніж 300 ферментів. З'ясувати фізіологічну роль цих металів, їх участь у механізмах загального адаптаційного клітинного синдрому та інших адаптаційних процесах допомагає дослідження характеру змін металолігандного гомеостазу при дії стресорів. В організмі людини та тварин існує два різних пули металів. Перший пул міцно зв'язаний з біолігандами, він міститься у всіх клітинах організму та не визначається шляхом забарвлювання хелаторами-хромофорами. Перший пул впливає на стабільність біомембран і входить до складу більшості металоензимів. Другий пул слабо зв'язаний з біолігандами, все частіше для нього використовується термін «хелатоутворюючий» (chelatable) метал. При цьому мається на увазі слабо





зв'язаний метал, який визначається в клітинах за допомогою хелаторів-хромофорів [5–6].

«Стадія тривоги» завжди настає на початку стресу при цьому саме відчуття тривоги – хоча і частий симптом, але не обов'язково. На першій стадії виробляються сигнали, що запускають стрес (кортиколіберин, вазопресин, симпатичний нервовий сигнал). На цій стадії організм ще не насичений гормонами надниркових залоз, саме тому адаптивна перебудова метаболізму не завершена і резистентність до гострої гіпоксії ще не підвищена. На цій стадії організм починає продукція аденогіпофізарних гормонів-регулювальників стресу [7].

На «стадії резистентності» формується загальний адаптаційний синдром (ЗАС). Організм насичується глюкокортикоїдами та іншими кортикостероїдними гормонами, а також катехоламінами. У результаті гострої контрінсулярної дії стресових гормонів на метаболізм забезпечується прискорення транспорту кисню та енергосубстратів, й відбувається перерозподіл енергетичних ресурсів на користь органів і тканин (ЦНС, міокард, діафрагмальний дихальний м'яз, самі надниркові залози, гонади, ретіна тощо), що містять у собі інсуліннезалежні транспортери глюкози, мобілізуються глікогеноліз і глюконеогенез. Усе це при гострій гіпоксії надає характерну для стресу протишокову дію. Але лімфоїдні органи, сполучна тканина, опорно-руховий апарат, ліпоцити, ШКТ, судинна стінка і ін. тимчасово виявляються в стані енергетичної депривації. При сильних і тривалих стресуючих діях і функціональні ресурси нейроендокринного апарату можуть бути перевищені. У цьому випадку стрес може доходити до "стадії виснаження" (у тому числі – минувши "стадію резистентності"), а властива ЗАС підвищена неспецифічна резистентність втрачається або не формується [7–9].

Стрес, що призвів до стадії виснаження, позначають як «дистрес». Дистрес – чинник ризику багатьох захворювань («хвороби порушеної адаптації» – атеросклероз, гіпертензія, вторинний імунодефіцит, ожиріння, остеохондроз, артрити і багато інших), що пошкоджують органи і тканини і виявляються при стресі в умовах енергодепривації. Антидоти, які використовуються для зв'язування та виведення з організму токсичних та радіоактивних металів є хелаторами. Сполуки з вираженими хелаторними властивостями можуть утворюватися в самому організмі внаслідок глибоких порушень обміну речовин, все частіше встають питання щодо можливої ролі цих речовин у розвитку різних



захворювань, таких як цукровий діабет, шизофренія, епілепсія, хвороби Паркінсона і Альцгеймера та ін. Зв'язувати метали в хелатовані форми можуть багато лікарських речовин: антимікробні, протипухлинні, психотропні засоби.

Однією з найважливіших проблем сучасної фізіології і медицини є дослідження закономірностей процесу адаптації організму до різних чинників середовища. При дії стресу різного генезу запускаються процеси неспецифічного адаптаційного синдрому. Біологічна сутність будь-якого пристосування організму формується на клітинному рівні. Відомо, що під час дії на організм несприятливих факторів у клітинах багатьох тканин та органів розвиваються загальні зміни, які можна охарактеризувати, як неспецифічний адаптаційний синдром клітинної системи (НАСКС). Наявні в літературі дані вказують на необхідність дослідження взаємовідношення між цинком та міддю, бо в механізмах розвитку НАСКС можливі антагоністичні взаємовідношення між цими металами [9–10].

Передусім, адаптація людини зачіпає широкий спектр загальнобіологічних закономірностей, тому інтереси працівників різних наукових галузей пов'язана з саморегулюванням багатокомпонентних функціональних систем. Для оцінки процесу адаптації спортсменів, міри їх стомлення, рівня тренуваності та працездатності потрібне визначення функціональних змін, що виникають під час навантажень, і є основою для вдосконалення відновних заходів. Тільки на основі усебічного аналізу сукупності реакцій цілісного організму, включаючи реакції з боку центральної нервової системи, гормонального апарату, серцево-судинною і дихальною систем, аналізаторів, обміну речовин та ін. можна судити про вплив фізичних та психологічних навантажень на людину. Вираженість змін функцій організму у відповідь на фізичне навантаження залежить передусім від індивідуальних особливостей людини і рівня її підготовки і стресостійкості. Тільки при розгляді змін функціональних показників організму людини відносно до процесу адаптації можуть бути правильно проаналізовані і усебічно оцінені [2,11].

Проблема стресу в останнє десятиліття набуває все більшої актуальності в різних галузях медицини. Незважаючи на численні фундаментальні та прикладні дослідження в цій галузі, питання боротьби з несприятливими наслідками стресу залишаються найгострішими та найменш вирішеними. Дискусійною залишається необхідність послаблювати прояви стресу, виходячи з його сигнального значення. Стрес, яким організм реагує на екстремальний вплив, що



несе в собі загрозу фізичному існуванню людини або ж її психічному статусу, являє собою особливий функціональний стан (ФС). Стрес виникає як комплексна реакція організму при залученні біохімічних, гуморальних, вегетативних, поведінкових, емоційних та інших психічних процесів [12–14]. В цій праці ми будемо дотримуватися визначення стресу як «... функціонального стану організму, що виникає внаслідок зовнішнього негативного впливу на його психічні функції, нервові процеси чи діяльність периферичних органів» [6, 9]. Адаптація є біологічною функцією стресу, призначення якої полягає в захисті організму від різноманітних загрожуючих, руйнівних впливів (фізичних або психічних). Людина «вмикається» у певний тип діяльності, спрямований на протистояння небезпечним впливам докільля про те й свідчить виникнення стресу. У міру розвитку стресу змінюється ФС і реакції організму. Саме цьому типу діяльності відповідає особливий ФС та комплекс різноманітних фізіологічних реакцій.

Стрес пов'язаний із ланцюгом реакцій, які починаються з вироблення гіпофізом адренотропного гормону (АКТГ). Саме так описується стрес нейроендокринна теорія виникнення і регуляції стресу. Через кору великих півкуль стресор сигналізує гіпоталамуса про те, що виникла небезпека. Мобілізація норадреналіну (НА) відбувається у нейронах гіпоталамуса, що починає активувати норадренергічні елементи лімбікоретикулярної системи і викликає збудження центрів симпатичної нервової системи, що в свою чергу підсилює діяльність симпато-адреналової системи і призводить до звільнення з мозкового шару наднирників у кров суміші адреналіну та НА. Цей процес збагачує кров на 80 – 90 % адреналіном та на 10–20 % – норадреналіном. Гормон стресу (АКТГ) не обмежує свою дію стимуляцією кортикостероїдогенезу. При гострій відповіді організму на пошкодження у цьому гормоні виявляються позанадниркові ефекти, істотні для перебудови метаболізму і фізіологічних функцій органів при стресі та незалежні від кортикостероїдів [15–18]: АКТГ має відстрочену інсулінотропну дію на острівці Лангерганса, чим опосередковано впливає на обмін хелатоутворюючих металів і підсилює змін обміну речовин при стресі поворот до анаболічної фази [19].

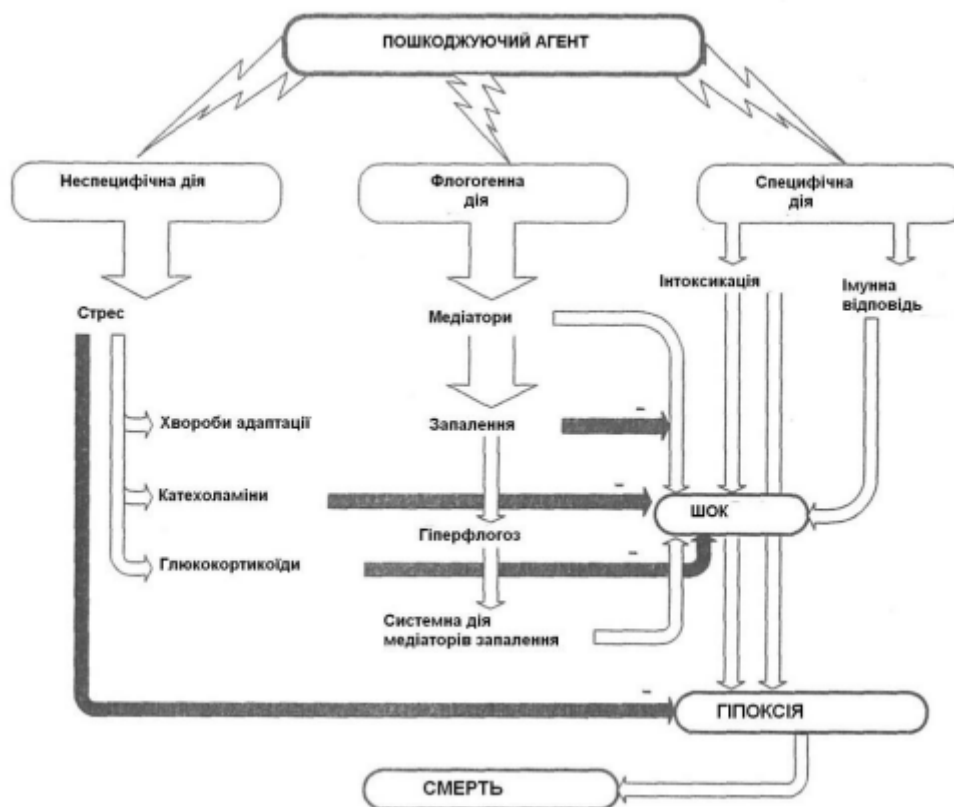
Гіпоталамус відповідає за контроль настановних точок гомеостазу. Фізіологічно цей відділ проміжного мозку регулює тепловіддачу і теплопродукцію, апетит та насичення, спрагу та діурез, індукцію протилежних змін кров'яного тиску [20–22]. При цьому може змінюватися і вміст



хелатоутворюючих металів, але ці питання не досліджували, хоча усі ці показники різко змінюються при стресі [23–24]. За принципом компенсації відхилень метаболічних констант від настановних точок здійснюються головні керуючі впливи гіпоталамуса на обмін речовин за рахунок координованої відповіді ендокринної та автономної нервової системи [25]. Головним елементом лімбічної системи, що координує біологічно доцільну поведінку, визначає, що приємно і бажано, а що неприємно й огидно для індивідів, в їх відчуттях і поведінкових реакціях є всі підстави вважати гіпоталамус [22, 26–28]. Саме тут багато накопичено хелатоутворюючого Zn, у лімбічній системі формується афектний компонент відчуттів і реакцій. У свою чергу, гіпокамп дає можливість управляти стресовими реакціями у відповідь на самі різні сенсорні подразники [27–29]. Стрес у відповідь на ряд стимулреакцій не унеможливує повна деаферентація гіпоталамуса. При цьому стрес-реакція у відповідь на гіпоглікемію, ендотоксемію, гіпоксію, гістамін, антигенну стимуляцію, серотонін – відтворюється в незмінному вигляді, а відповідь на перегрівання зберігаються частково [21–22].

Перебудову метаболізму і фізіологічних функцій, яка різко підвищує виживаємість і стійкість організму до гострої загибелі в екстремальних умовах викликає стрес (рис.1). Залежність енергетичного обміну клітин різних органів і тканин від інсуліну неоднакова. Перш за все, це стосується вуглеводного обміну. Надходження глюкози до різних клітин організму регулюється різними переносниками. Лише частина з білків-переносників експресується за участю інсуліну, інші ж є інсулінонезалежними., в яких виявляються Хелатоутворюючі метали, поглинають глюкозу з плазми без жодної участі механізмів, що запускаються інсуліном [22]. Центральна нервова система, надниркові залози, гонади, сітківка мають особливий запас хелатоутворюючих металів, хоча у той же час, сполучна тканина, лейкоцити, шкіра, органи ШКТ, кістковий мозок – є органами, тканинами й клітинами високо інсулінозалежними [29, 31], це може означати, що вони також залежать від вмісту Zn, як важливої складової інсуліну.

Для підтримки пріоритетного постачання глюкозою, збереження захисту органів і тканин від гострої небезпеки, гострої оборотної діабетоподібної перебудови деяких аспектів обміну речовин, що також впливає на перерозподіл хелатоутворюючих металів, особливо цинку [30, 32]. При стресі гіперглікемія інсулінонезалежних споживачів забезпечується ще і тим, що глюкокортикоїди (і у меншій мірі – катехоламіни) стимулюють глюконеогенез у печінці (у 6–10

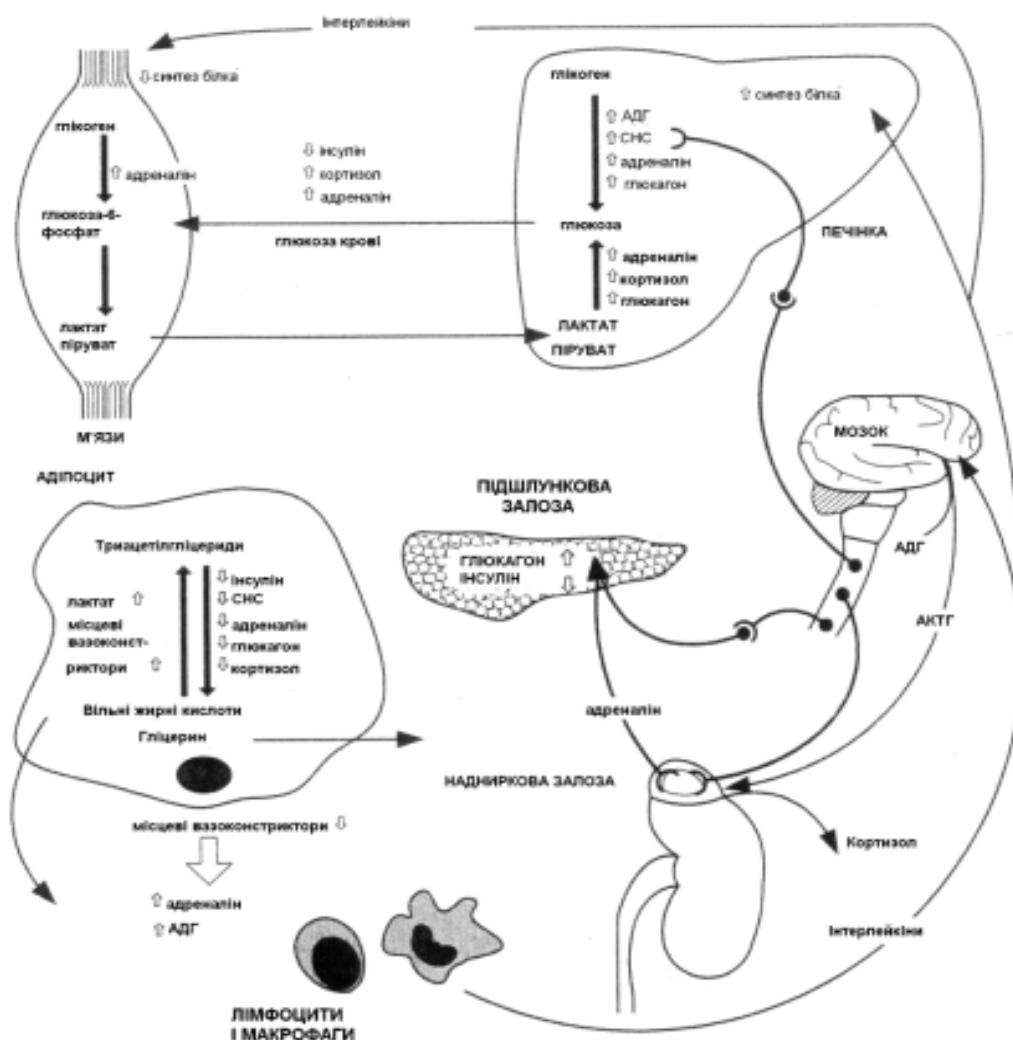


**Рисунок 1 - Деякі співвідношення системних і місцевих захисних механізмів [30].**

разів), печінці (у 6–10 разів), що впливає на обмін Zn і Cu. Це залежить також від посилення надходження глюкогенних амінокислот із скелетних м'язів, у яких також міститься Zn і Cu, але не в хелатованій формі [33–35]. На загальний металолігандний гомеостаз впливають зміни в органах, що містять метали в будь-якій формі [36–37].

На ліпідний обмін впливають ефектори стресу. Активність фосфоліпази і звільнення арахідонової кислоти з фосфоліпідів клітинних мембран сильно гальмують глюкокортикоїди, за участю лептину, а значить – синтез простагландинів, склад мембран і їхню іонну проникність, що потребує зменшення вмісту Zn та Mg, як мембрано-стабілізуючих факторів [24, 30, 38, 39]. Під дією глюкокортикоїдів проходить стимуляції антиоксидантних систем і блокування перекісного окислення мембранних ліпідів, що також потребує перерозподілу Zn та Mg в організмі, або надходження цих металів ззовні з лікарськими речовинами або їжею [32, 40–42]. Дія стресу різнобічна на імунну систему, а також на систему крові та кровотворення. Тромбоцитоутворення посилюються під дією глюкокортикоїдів. При цьому відбувається підвищення

утворення факторів згортання в печінці, у чому беруть участь катіонні білки (дефензини), в результаті стрес призводить до підвищення здатності підвищуватися тромбогенного потенціалу крові, еритроцитозу і тромбоцитозу, що може призвести до синдрому дисемінованого згортання, у чому також беруть участь глюкокортикоїди, а можливо – і симпатичні нерви, при цьому різко змінюється вміст хелатоутворюючих металів [43–44]. При стресі лімфопоез пригнічується, а мієлопоез посилюється. При стресі закономірно розвиваються лейкоцитопенія. Дж. В. Торн запропонував її, до розробки прямих методів виміру концентрацій кортикостероїдів, як непрямий корелятивний показник секреторних функцій кори наднирників [30, 32, 41, 43]. До складу біологічно активних речовин, що беруть участь у стресі та відповіді гострої фази, входять метали (рис. 2).



**Рисунок 2 - Гормональний контроль метаболізму під час відповіді гострої фази і стресу [25]**



Функції шлунково-кишкового тракту також змінюються під впливом стресу. Короткочасну анорексію можуть викликати катехоламіни, але підвищують апетит глюкокортикоїди. Відбувається розслаблення порожнистих органів і знижується моторика, зокрема шлунок, кишечник і жовчний міхур, закриваються сфінктери.

За рахунок вазоконстрикції зменшується секреція слинних залоз, а утворення шлункового і підшлункового соку, кислотність шлункового секрету, експресія пепсиногену і трипсиногену і перетравлююча здатність дуоденального і шлункового вмісту різко зростають. Результат дії стресу визначається на поведінкові функції індивіда і залежить від гормонального фону у фазі виходу із стресу й багато в чому є його результатом для індивіда.

Надзвичайно велика в гормональній відповіді організму на стрес роль такого гормону як інсулін. В умовах дії на організм фруструючих ситуацій або несприятливих екологічних чинників можливе використання декількох механізмів перебудови гормональної регуляції: 1) загальне збільшення продукції глюкокортикоїдів, 2) зміна спектру глюкокортикоїдів у бік відносного підвищення більш активних з'єднань, 3) зниження вироблення інсуліну й одночасно його вміст у крові, 4) поєднання вказаних механізмів [3, 12]. Вже у фазі тривоги, згідно до уявлень Г. Сельє, у стресових ситуаціях підвищується інкреція кортикостероїдів. Вміст глюкокортикоїдів у крові збільшений у фазі тривоги починає зменшуватися у фазі резистентності. Можна стверджувати, користуючись термінологією Г. Сельє, що інсулін характеризує рівні регуляції і відіграє в організмі роль «обумовлюючого чинника» [4, 24]. Значний інтерес представляє формування резистентності в умовах стресу. Людина у високих широтах може жити достатньо довго в умовах хронічної напруги, при якій переважно за рахунок зниження вмісту інсуліну в крові досягається стан резистентності.

Під впливом сильнодіючих чинників виникає. Така реакція в цілому складає стресовий стан загальна неспецифічна адаптаційна реакція організму. У цьому стані головне полягає в тому, що створюється позитивний фон для здійснення специфічних гомеостатичних реакцій й мобілізуються адаптаційні та захисні можливості організму (за Г. Сельє), [4]. Необхідність активації механізму загальної адаптації виникає у міру наростання інтенсивності виконуваних актів життєдіяльності, а також залежно від наростання сили або тривалості дії. Загальні неспецифічні адаптаційні зміни, у свою чергу, за суттю і фізіологічній



ролі тісно пов'язані з енергетичним і пластичним забезпеченням функцій. Центральною нервовою системою здійснюється управління адаптаційними процесами. У цьому виконують основну роль структури гіпоталамуса, мигдалеподібного комплексу, ретикулярної формації і гіпокампа за участю різних кортикальних центрів. Безпосередньо пов'язана із змінами активності ендокринного ансамблю ефекторна частина адаптаційних реакцій, зокрема механізму загальної адаптації. Активувати функцію наднирників можуть пов'язані з емоційною напругою будь-які ситуації в професійній діяльності. Є дані про те, що в тренерів хокейних команд істотно підвищується екскреція адреналіну і норадреналіну під час змагань. Аналогічна ситуація, хоча не так яскраво напружена емоційно, має місце при виступі з доповідями і лекціями у наукових співробітників, викладачів вищих шкіл і керівного персоналу. Було доведено при обстеженні різних груп керівних працівників, що нервово-емоційний компонент при їх розумовій роботі виражається в збільшенні екскреції катехоламінів, що підвищує активність симпато-адреналової системи [29, 31, 39]. Викладання лекції у викладачів вищої школи супроводжувалося збільшенням екскреції гормонів мозкового і кіркового шарів наднирників. При різних видах розумової роботи виявлене збільшення адреналіну і норадреналіну в крові. Під час розумової роботи в основному збільшується екскреція адреналіну, що показують дані про виведення з сечею катехоламінів. Все це стимулює функції гіпофізарно-адренкортикальної системи [36, 43]. До посилення активності ряду ендокринних залоз у зв'язку з наявністю м'язової роботи або емоційно-розумової напруги може привести професійна праця. У свою чергу ці зміни залежать від зовнішніх умов праці та добової ритміки ендокринних функцій. Активність гіпофізарноадренкортикальної і симпато-адреналової систем знижується під впливом стомлення як при м'язовій, так і розумовій роботі. Монотонність праці є також чинником, який пригнічує в робітників адренкортикальну активність. В основі будь-яких змін психічного стану й поведінки, обумовлених стресом, полягає тривога. Істотний елемент процесу адаптації визначив професор Березин тривожний ряд: 1) відчуття внутрішньої напруженості – створює тяжкий дискомфорт, не має яскраво вираженого відтінку загрози, є лише сигналом її наближення; 2) гіперестезичні реакції – раніше ніж нейтральні стимули набувають негативне забарвлення наростає тривога, підвищується дратівливість; 3) власно тривога – проявляється відчуттям невизначеної загрози, центральний елемент розглянутого ряду.





Характерна ознака: передбачити час виникнення загрози, неможливість визначити її характер. У результаті опрацювання даних через недостачу фактів видається помилковий висновок; 4) страх – тривога, сконцентрована на певному об'єкті. Об'єкти, з якими зв'язується тривога, можуть і не бути її причиною. У суб'єкта створюється уява про те, що тривогу можна усунути певними діями; 5) наростання інтенсивності тривожних розладів – є відчуття невідворотності катастрофи, що насувається; 6) тривожно-боязке збудження – можливість цілеспрямованої діяльності зникає і дезорганізація викликана тривогою досягає максимуму [21, 34]. Старіння – підсумок усіх стресів, яким піддавався організм під час свого життя, цю досить цікаву гіпотезу висунув Сельє. В деякому сенсі старіння відповідає «фазі виснаження» загального адаптаційного синдрому і являє собою прискорену версію нормального старіння. Будь-який стрес залишає після себе незворотні хімічні зміни, особливо викликаний марними зусиллями; їхнє нагромадження спричиняється ознаки старіння в тканинах і органах людини. Успішна діяльність, якою би вона не була, також залишає наслідки старіння, особливо важкі наслідки викликає руйнування мозкових і нервових клітин. Але, як зазначає Сельє, людина зможе вдало впоратися з роботою і довго й щасливо жити, якщо вибереде підходящу для себе роботу [3-4, 6, 24].

Зниження концентрації цинку в плазмі крові та його перерозподіл між органами і тканинами спостерігається при стресах, інфекціях, травмах. Ці зміни регулюються «лейкоцитарним ендогенним медіатором», особливим термолабільним чинником. Цей чинник зумовлює швидке надходження заліза, цинку та великої частини вільних амінокислот у печінку, зниження вмісту заліза та цинку в плазмі крові і, у зв'язку з посиленням синтезу церулоплазміну, підвищення в ній рівня міді. Рівень цинку в організмі, крім того, може знижувати продукти розпаду тканин, що утворюються при дії різноманітних стресорів. Ці продукти зв'язують цинк, можуть підвищити вміст сполук цинку в крові та підсилити виділення їх із сечею, перш за все амінокислоти. До збільшення виділення в плазму кортикостероїдів, стимулюючих надходження цинку в тканини, також призводить стрес. У процесі передачі нервових імпульсів важливу роль відіграє мідь. Суттєво підвищується зв'язування ГАМК рецепторами, при дефіциті міді в синапсах мозку щурів, що може слугувати однією з причин виникнення порушень ЦНС при недостатності міді. Встановлено, що вміст міді в організмі людини впливає процеси біосинтезу чи вивільнення нейропептидів та їх рівень [12, 18, 33, 38]. Концентрація міді в крові



підвищується при впливі різноманітних патологічних факторів, гострих та хронічних запальних процесів і хронічних інфекційних захворюваннях і [40, 42].

Настільки значне число гіперкупремичних станів має як загальні, що вірогідно, так і специфічні фактори патогенезу. Стрес виступає одним із загальних факторів [6, 28, 35]. Дефіцит магнію знижує антиоксидантну здатність організму, що доведено та у свою чергу, спричиняє зміни співвідношення Mg/Ca в клітинах кори надниркових залоз, а це, веде до підсиленої секреції мінералокортикоїдів, які здатні ще більш стимулювати втрату магнію організмом. Вчені доводять, таким чином, що стрес і дефіцит магнію взаємопов'язані, а відновлення магнію в клітинах підвищує резистентність організму до стресу. Таким чином, протистресовим металом вважається магній [9, 12, 17].

Патологічні зміни вмісту магнію на тлі підвищення в крові концентрації міді формуються в умовах стресу, коли зрушуються нейрогуморальні регуляторні системи. [22, 35].

## **1.2. Використання дієтичних добавок рослинного походження при моделюванні харчової продукції для людей в умовах постійного стресу**

На підставі проведених аналітичних досліджень фахівців НПО «Житомирбіопродукт» дійшли висновку щодо позитивного ефекту використання природних геропротекторів, а саме дієтичних добавок рослинного походження з вітчизняної сировини. Саме вони рекомендують використовувати продукцію з сировини, яка зростає у ареалі проживання людини. Однієї дієтичної добавки, яка б повністю задовольняла фізіологічну добову потребу людей в умовах постійного стресу на 10..50% у вищенаведених речовинах не знайдено, однак змодельовані композиції зі шроту (чи клітковини) містять наведений перелік мінеральних речовин (Zn, Fe, Cu та Mg/Ca).

З метою проєктування композицій харчової продукції для людей в умовах постійного стресу розраховані та подані в табл. 1. показники біологічної цінності композицій дієтичних добавок, а саме вміст мікро- і макроелементів. Дані розрахунків показують, що у дієтичних добавках вміст компонентів, які є природними антистресорами забезпечує добову потребу людини в умовах постійного стресу у межах від 10% до 50% :



**Таблиця 1 – Хімічний склад мікро- і макроелементів дієтичних добавок рослинного походження НПО «Житомирбіопродукт»**

Елемент	Концентрація мікро- і макроелементів мкг/100г в дієтичних добавках рослинного походження					
	Амаранта	Вівса	Гарбуза	Зародків пшениці	Розторопши плямистої	Льону
1	2	3	4	5	6	7
S (Сірка)	260278,9	153048,1	95187,7	41605,31	90725,78	239456,6
K (Калій)	304830,4	133198,8	242863,4	360402,2	326701,1	460149,3
Ca (Кальцій)	137000	62000	62000	87000	687000	162000
Mn (Марганець)	1450,13	1616,08	1249,97	6107,25	933,39	1066,15
Fe (Залізо)	24000	33000	23000	21000	22000	21000
Cu (Мідь)	317	552	863	498	708	1260
Zn (Цинк)	3830	11700	13800	66100	6890	4550
Se (Селен)	63,42	23,9	39,73	80,92	17,57	170,91
Br (Бор)	467,01	192,53	244,06	300,74	556,34	412,20
Cr (Хром)	11,44	-	-	169,28	-	-
Ni (Нікель)	-	59,25	-	140,32	-	84,27
Co (Кобальт)	-	29,20	32,48	-	-	-
Cl (Хлор)	103000	54000	46000	161000	124000	11000
Mg (Магній)	311000	281000	357000	205000	327000	296000
P (Фосфор)	660000	620000	980000	920000	670000	870000

– цинку міститься від 3,3 до 35 мг% : при використанні 5...53 г шроту зародків пшениці чи 72...252 г клітковини гарбуза або в композиції дієтичних добавок у харчовій продукції;

– заліза у різних дієтичних добавках – від 8,7 до 26,9 г% : при використанні 7,5...37,5 г шроту амаранту чи 5,4...27,2 г шроту вівса забезпечуються визначені межі добової потреби;

– магнію – від 40,0 до 210,0 мг% : при використанні 12,9...67,8 г шроту амаранту чи 11,3...58,9 г клітковини гарбуза, чи 13,4...71 г льняного шроту забезпечує визначені межі добової потреби. У дієтичних добавках вміст компонентів забезпечує добову потребу людини в умовах постійного стресу у межах від 10% до 30% :



– кальцію – від 50,0 до 360,0 мг% (за умови використання 7,4...52,5 г розторопши плямистої чи 30,9...222 г льняного шроту забезпечує визначені межі добової потреби);

– хрому – від 3,0 до 10,5 мг% (за умови використання 27,0...92,5 г шроту амаранту чи 30,9...374 г шроту зародків пшениці забезпечує визначені межі добової потреби);

міді – від 1,3 до 25,0 мкг% за умови використання 0,15...2,9 г клітковини гарбуза чи 0,105...2,0 г льняного шроту забезпечує визначені межі добової потреби).

Також з метою проектування композицій харчової продукції для людей в умовах постійного стресу необхідно вивчити показники біологічної цінності водоростевих добавок, а саме вміст харчових волокон, вітамінів, мікро- і макроелементів, які наведені у монографії «Інноваційні технології харчової продукції функціонального призначення», які наведені в табл. 2.

Таким чином, споживання запропонованих дієтичних добавок рослинного походження у межах 2,0...71,0 г льняного шроту гарантує забезпечення 10-30% від добової потреби у міді, кальцію та магнію; у межах 0,15...58,9 г клітковини гарбуза гарантує забезпечення 10-50% від добової потреби у міді та магнію; у межах 5...53 г шроту зародків пшениці гарантує забезпечення 10-30% від добової потреби у цинку; у межах 27,0...92,5 г шроту амаранту гарантує забезпечення 10-50% від добової потреби у хромі та залізі; у межах 5,4...27,2 г шроту вівса гарантує забезпечення 10-50% від добової потреби у залізі або і більше в складі харчової продукції людини в умовах постійного стресу, що моделюється, гарантує забезпечення добової потреби у особливо дефіцитних мікронутрієнтах, що містять компоненти, які є природними антистресорами.

Представлені розрахунки підтверджують, що при моделюванні харчової продукції людини в умовах постійного стресу для збагачення харчової композиції Zn, Fe, Cu та Mg/Ca доцільно обрати композиції дієтичних добавок з зародками пшениці чи клітковиною насіння гарбуза в композиції зі спіруліною, а також з пектин-зостерином чи цистозірою; композиції дієтичних добавок зі шротом насіння гарбуза, льна та вівса в композиції із цистозірою з пектин-зостерином чи зостерою.



Таблиця 2 – Хімічний склад водоростей ( на 100 г продукту)

Речовина	Ламінарія	Цистозіра	Спіруліна	Зостера
1	2	3	4	5
Полісахариди, г:				
манін	10,6	6,8	–	4,9
альгінова кислота	28,5	23,3	–	–
зостерин	–	–	–	21,7
Зольність	27–35	22,9	7	13,2
Вітаміни, мг:				
каротиноїди	211	217	170	245
фолацин	0,06	0,08	0,05	0,07
тіамін	5,7	6,1	5,5	5,9
токоферол	11,3	10,7	19,0	12,7
ніацин	11,5	10,9	11,8	11,3
ціанокобаламін	0,14	0,14	0,16	0,12
Мінеральні речовини, мг:				
кальцій	1200	1170	118	4240
фосфор	98	96	828	106
натрій	2400	1070	34	254
магній	400	505	166	829
калій	620	720	143552,8	696
залізо	40–56	31	–	307
марганець	8,9	8,6	–	25
кобальт	2,5	1,1	0,05	0,37
йод	108–230	75–114	3,3	102
цинк	39	27	–	7,6
мідь	4,1	2,2	–	1,56

Специфіка вимог дієтетики для людини в умовах постійного стресу вимагає докорінну зміну уяви про розроблення харчових композицій і технології виробництва харчової продукції для людей в умовах постійного стресу (табл. 3). Для моделювання обрані технології харчової продукції, які з точки зору дієтетики є проблемними. Аналіз хімічного складу традиційної харчової продукції (рис. 3) показує значну невідповідність формули продукції вимогам раціонального харчування. Традиційні солодкі страви (самбук сливовий, мус полуничний, соки овочеві та ягідні з м'якоттю) містять велику кількість моно- та дисахаридів, що є неприпустимо з точки зору раціонального харчування, формула продуктів-аналогів показує перевищення вуглеводів порівняно з білком: для збитих десертів – у 5,3...11,1 рази, для аналогів смузі – у 2,9...22,4 рази. Тому в результаті моделювання збитої десертної продукції, а саме самбуку «Дар», мусів «Гарбузовий» і «Яблучко», та напоїв – смузі «Йогуртовий», «Виноградно-малиновий», «Ягідний» і «Помаранчевий» отримано харчові



композиції, які завдяки природній солодкості дозволяють не використовувати цукру взагалі та відповідають формулі харчової продукції для людей в умовах постійного стресу. Для запобігання моделювання харчових композицій, що містять конкуруючі нутрієнти, розроблено схему взаємодії нутрієнтів у модельованих харчових композиціях збитих десертів для людей в умовах постійного стресу (рис. 3). У результаті комп'ютерного моделювання збитої десертної продукції для людей в умовах постійного стресу (рис. 4) з переліку харчових сировинних джерел обрано овочі (гарбуз, селера), плоди (слива), ягоди (журавлина, чорна смородина, полуниця), шрот зародків пшениці і клітковину насіння гарбуза, спіруліну і цистозиру як джерело рослинних білків, вітамінів антиоксидантної групи, харчових волокон та мінеральних речовин (Zn, Fe, Cu та Mg/Ca), ячний білок та желатин як джерело тваринного білка та колагену. Обравши ці сировинні джерела, стає можливим змінити формулу традиційного самбуку (1:0,1:11,1 на 1:0,8:3,5), завдяки якій принципово не можливо використовувати традиційну десертну продукцію у харчуванні для людей в умовах постійного стресу.

Обрані харчові композиції забезпечують вміст мінеральних речовин у збитих десертах на рівні 12,6...54,7% від добової потреби, тоді як у традиційній продукції мінеральний склад, крім кальцію, заліза і міді, не перевищував 10% від добової потреби.

При моделюванні харчових композицій смузі «Йогуртовий», «Виноградно-малиновий», «Ягідно-медовий», «Помаранчевий рай» (рис. 5), як базові були використані відповідно смузі овочевий на йогуртовій основі, виноградно-малиновий сік, сік селери і апельсинів та сік ягідний з м'якоттю та медом обрано овочі (цибуля зелена, огірки, помідори), плоди (апельсини), ягоди (виноград, малина, полуниця, ківі), спіруліну як джерело рослинних білків, вітамінів антиоксидантної групи, харчових волокон та мінеральних речовин (заліза, йоду, селену), йогурт 1 і 1,5% жирності як джерело тваринного повноцінного білка, пектин-зостерин, шрот зародків пшениці і клітковину насіння гарбуза через вміст харчових волокон. Обрані харчові композиції забезпечують вміст мінеральних речовин у збитих десертах на рівні 12,6...54,7% від добової потреби, тоді як у традиційній продукції мінеральний склад, крім кальцію, заліза і міді, не перевищував 10% від добової потреби.

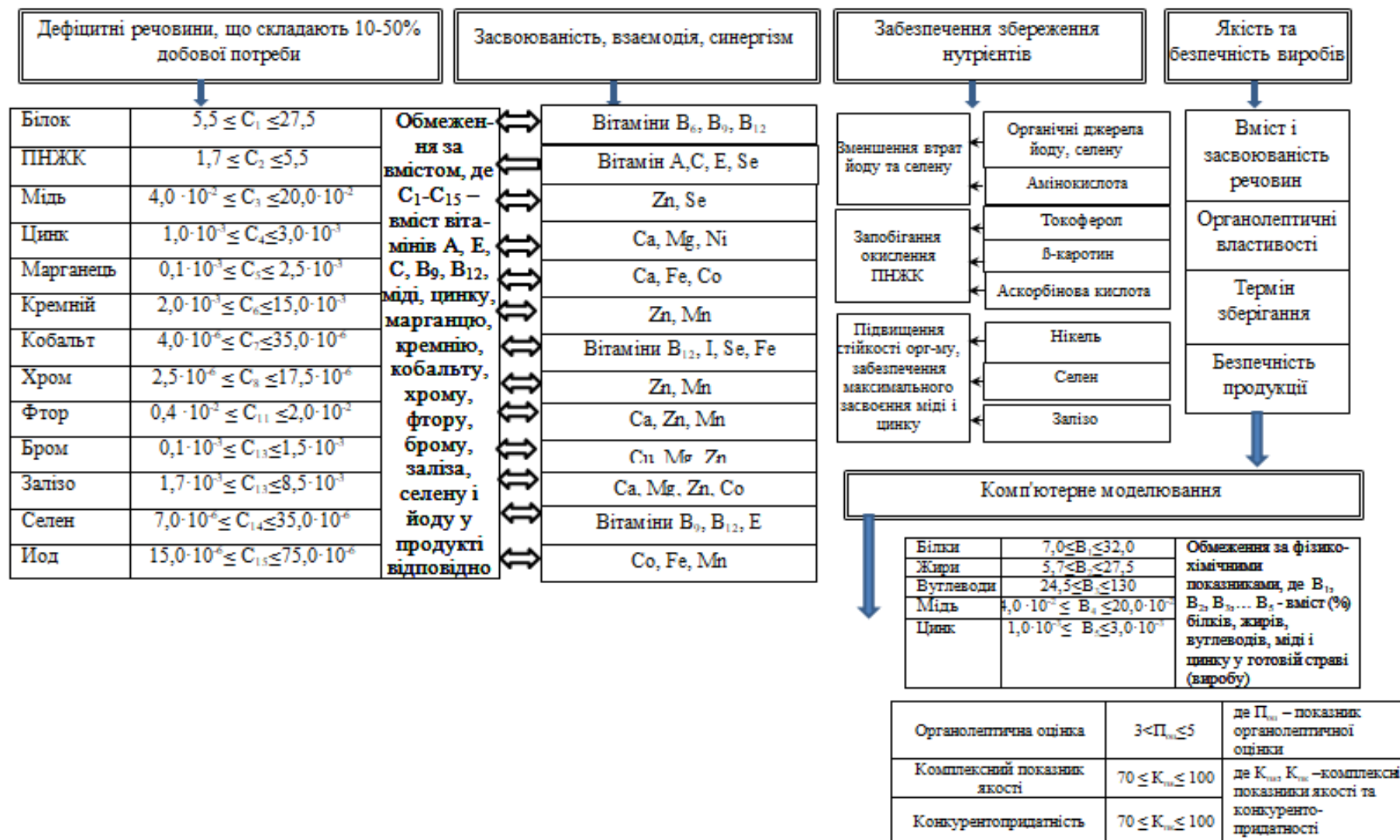


Рисунок 3 - Моделювання нутрієнтного складу кулінарної продукції спеціального призначення для людей у стані постійного стресу



Таблиця 3 - Хімічний склад десертної продукції традиційної та розробленої на 100 г продукції

Продукти	Вміст білка,г%	Вміст жиру,г%	Вміст вуглеводів,г%	Вміст харчових волокон,г % (% добової потреби)	Енергетична цінність, ккал/100г	Формула продукту	Вміст мінеральних речовин відносно добової потреби,%						
							цинк	залізо	кальцій	магній	мідь	кремній	селен
Самбук сливовий	4,72	0,4	52,4	1,95(4,8)	238,2	1:0,1:11,1	4,4	10,7	37,1	1,6	2,7	6,9	0
Самбук «Дар»	3,25	2,51	11,2	6,48(16,2)	72,6	1:0,8:3,5	17,6	54,7	24,9	13,1	26,7	21,3	19,1
Мус полуничний	2,47	0,07	13,1	0,6(1,7)	65,9	1:0,03:5,3	0,3	1,3	25,7	2,4	2,0	0,15	0
Мус «Гарбузовий»	2,44	2,06	8,6	15,4(38,5)	64,8	1:0,85:3,5	13,8	17,3	17,1	12,6	19,2	14,4	20,0
Мус яблучний на манній крупі	0,9	0,2	20,3	0,5 (1,2)	81,1	1:0,2:22,5	0,1	0,8	6,2	4,5	36,1	0,4	1,2
Мус «Яблучко»	3,98	1,96	7,87	5,5(13,8)	64,6	1:0,5:2,0	24,7	33,0	41,6	26,3	45,0	34,4	25,6
Смузі овочевий на йогуртовій основі	1,0	0,1	2,9	0,7 (1,8)	17,2	1:0,1:2,9	15,0	8,0	42,9	13,2	0	4,0	1,3
Смузі «Йогуртовий»	3,03	2,4	12,5	8,8 (22,0)	86,7	1:0,8:4,1	21,7	50,0	47,6	16,8	75,0	26,4	35,6
Сік виноградно-малиновий	0,6	0,4	12,3	2,0(5,0)	57,7	1:0,6:22,4	5,0	8,0	57,9	3,6	0	0	0
Смузі «Виноградно-малиновий»	3,2	2,8	13,3	3,4(8,5)	94,3	1:0,9:4,2	17,8	90,0	52,0	12,7	48,0	31,6	14,7
Сік ягідний з м'якоттю та медом	0,8	0,4	15,1	3,08(7,7)	70,2	1:0,5:18,9	3,2	8,0	12,7	58,5	0	1,2	0
Смузі «Ягідний»	4,2	3,4	17,5	3,15(7,8)	121,5	1:0,8:4,2	35,1	10,4	22,0	15,8	16,0	38,4	30,4
Помаранчевий смузі	1,11	0,17	9,55	2,1 (5,2)	46,7	1:0,15:8,6	8,0	0,8	45,0	30,0	56,0	0,8	13,7
Смузі «Помаранчевий рай»	3,98	1,96	7,87	5,5(13,8)	64,65	1:0,5:2,0	24,6	3,6	49,5	74,3	50,5	3,6	18,6





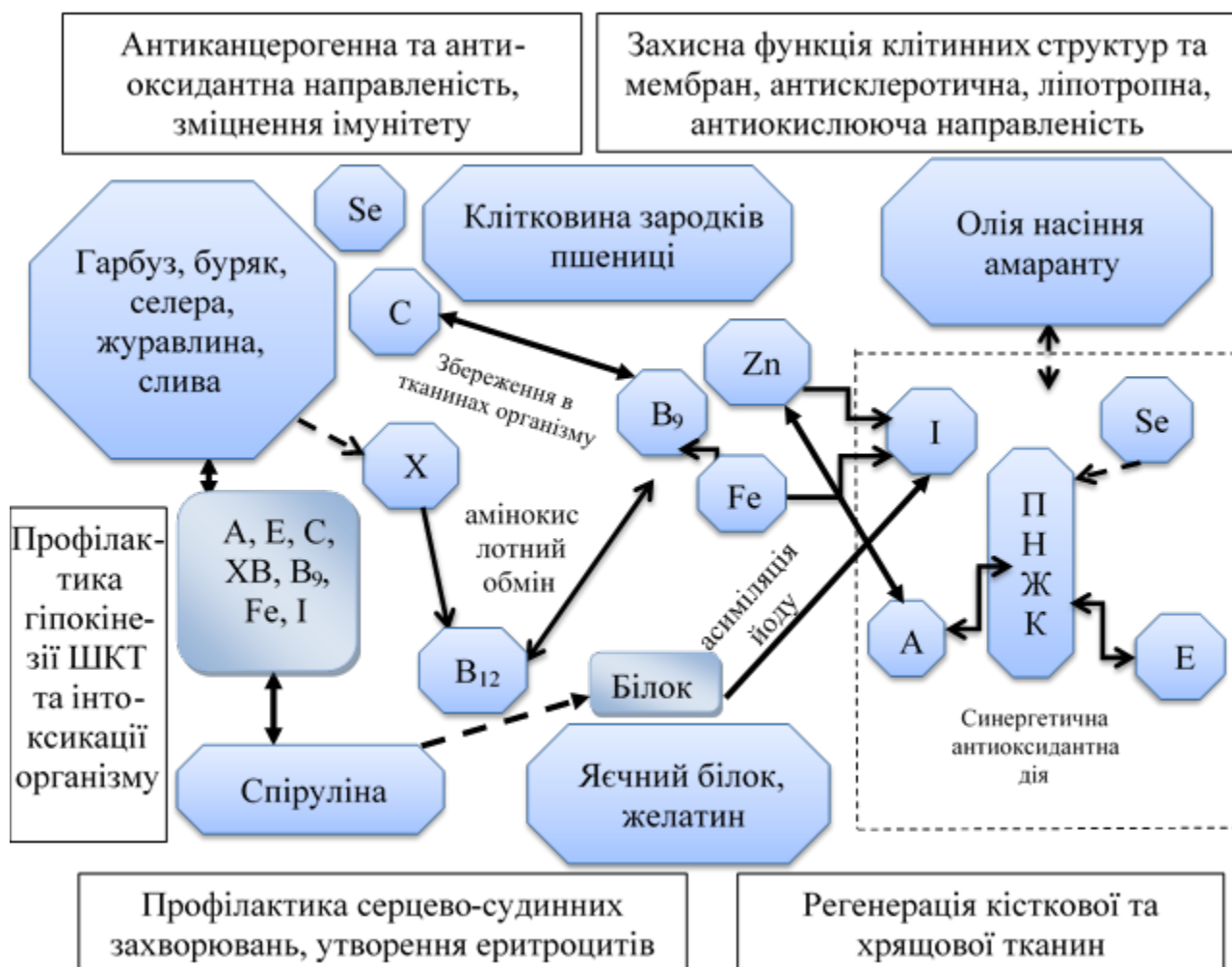
**Таблиця 4 - Хімічний склад м'ясних та рибних подрібнених виробів традиційних та розроблених на 100 г продукції**

Продукти	Вміст білка, г%	Вміст жиру, г%	Вміст вуглеводів, г%	Вміст харчових волокон, г % (% добової потреби)	Формула продукту	Вміст мінеральних речовин відносно добової потреби, %						
						цинк	залізо	кальцій	магній	мідь	кремній	селен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
м'ясний паштет «Біловезький»	5,5	0,2	3,6	0,5(1,3)	1:0,03:0,7	0,28	2,5	25,5	23,3	5,6	0,07	0,001
паштет «Аматорський»	12,2	11,4	5,4	1,9(4,8)	1:0,9:0,4	0,302	5,1	77,9	36,9	47,9	9,08	25,0
паштет з печінки (№159)	1,6	21,8	4,3	1,7(4,0)	1:13,6:2,7	0,28	2,5	25,5	23,3	5,6	0,07	0,001
паштет «Морський»	12,8	10,9	14,7	9,7(24,3)	1:0,9:1,1	58, 2	5,71	60,5	48,0	54,3	12,8	35,0
паштет столичний вищого гатунку	1,5	46,6	5,0	3,0(7,5)	1:31:3,3	0,28	2,5	22,5	9,5	5,6	0,07	0,001
паштет «Харківський»	14,1	11,1	14,1	9,5(23,8)	1:0,8:1	48, 2	15,1	40,5	36,3	43,3	22,8	27,0
Січеники рибні українські № 1.247	17,1	33,6	11,3	1,0(2,4)	1:2:0,7	2,6	3,9	9,6	7,4	5,6	0,07	0,001
Січеники рибні «Перлінка»	21,7	19,6	14,7	4,6(11,5)	1:0,9: 0,7	12,5	7,8	23,9	24,5	27,8	32,7	28,6
Зрази з судаку	12,1	7,4	12,1	1,4(0,8)	1:0,6:1	3,4	1,0	2,67	2,8	5,6	0,07	0,001
Зрази рибні «Пряні»	14,6	12,9	12,4	8,9(22,3)	1:0,9:0,9	18,7	16,7	45,8	23,9	34,6	28,2	33,05



Таблиця 5 - Хімічний склад борошняної і сирної продукції традиційної та розробленої на 100 г продукції

Продукти	Вміст білка, г%	Вміст жиру, г%	Вміст вуглеводів, г%	Вміст харчових волокон, г %	Енергетична цінність, ккал/100г	Формула продукту	Вміст мінеральних речовин відносно добової потреби, %						
							цинк	залізо	кальцій	магній	мідь	кремній	селен
Вареники з сиром	14,1	3,3	30,5	2,2(8,7)	257,1	1:0,2:2,2	4,1	6,0	0,3	6,5	5,6	1,5	24,0
Вареники «Сирні»	8,9	7,4	24,0	2,3(9,0)	204,2	1:0,8:2,7	12,2	55,0	58,9	6,6	37,1	14,8	11,1
Оладки	4,8	7,0	25,0	1,5 (3,8)	187,9	1:1,5:5,2	3,9	4,0	0,9	5,6	2,0	2,9	23,6
Оладки «Сирні»	7,3	6,4	23,0	1,9 (4,8)	184,7	1:0,9:3,2	11,1	29,3	12,9	6,0	12,1	8,3	28,0
Мафіни сирні	8,4	16,7	51,0	1,3(5,2)	399,2	1:2:6,1	7,7	7,3	0,2	3,0	6,2	2,9	23,6
Мафіни «Чарівниця»	11,6	10,3	30,2	2,2(5,5)	267,8	1:0,9:2,6	8,5	26,7	10,0	4,3	15,3	8,6	22,3
Сирний пудинг	13,9	9,6	20,1	1,4	224,0	1:0,7:1,45	3,7	6,9	13,0	23,6	7,5	3,5	4,2
Пудинг «Сирна насолода»	17,3	26,4	27,8	7,1 (17,8)	418,0	1:1,5:1,6	21,8	32,3	25,9	36,0	42,1	18,3	26,0
Запіканка сирна	17,6	4,2	14,2	0,4	168,0	1:0,2:0,8	5,9	16,5	11,3	23,0	12,0	7,9	3,6
Запіканка «Сирна насолода»	11,6	16,2	23,2	0,4	168,0	1:1,4:2,0	25,3	32,5	17,8	26,3	32,4	28,6	23,1



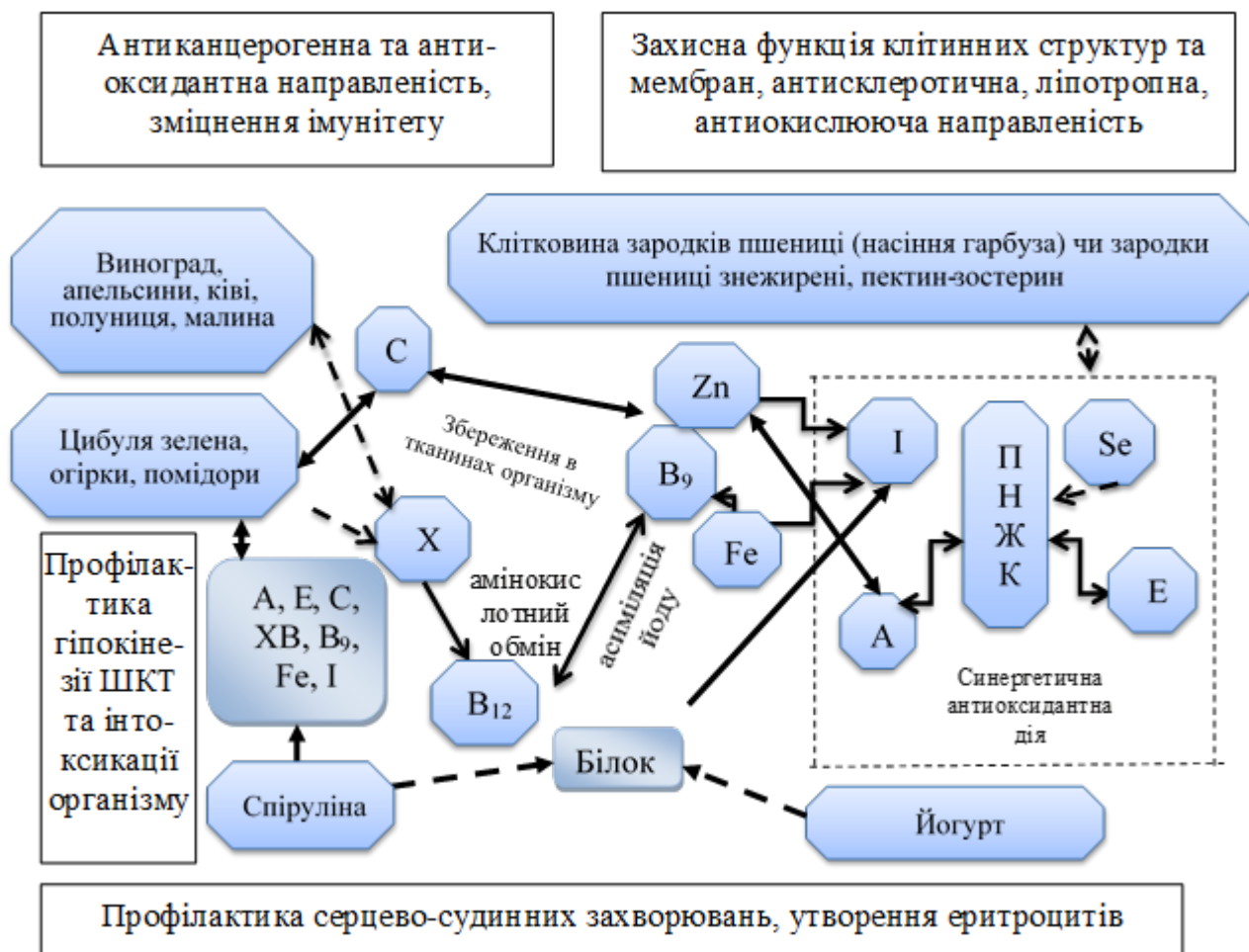
**Рис. 4 - Забезпечення взаємодії нутрієнтів у збитих десертах для людей в умовах постійного стресу**

При моделюванні харчових композицій смузі «Йогуртовий», «Виноградно-малиновий», «Ягідно-медовий», «Помаранчевий рай» (рис. 5), як базові були використані відповідно смузі овочевий на йогуртовій основі, виноградно-малиновий сік, сік селери і апельсинів та сік ягідний з м'якоттю та медом обрано овочі (цибуля зелена, огірки, помідори), плоди (апельсини), ягоди (виноград, малина, полуниця, ківі), спіруліну як джерело рослинних білків, вітамінів антиоксидантної групи, харчових волокон та мінеральних речовин (заліза, йоду, селену), йогурт 1 і 1,5% жирності як джерело тваринного повноцінного білка, пектин-зостерин, шрот зародків пшениці і клітковину насіння гарбуза через вміст харчових волокон. Змодельовані харчові композиції відповідають вимогам раціонального харчування для людей в умовах постійного стресу, докорінно змінюють формулу продукції порівняно з продуктом-аналогом: для смузі «Йогуртовий» (1:0,1:2,9 на 1:0,8:4,1), для смузі «Виноградно-малиновий»



(1:0,6:22,4 на 1:0,9:4,2), для смузі «Ягідно-медовий» (1:0,5:18,9 на 1:0,8:4,2), для смузі «Помаранчевий рай» (1:0,15:8,6 на 1:0,5:2,0). Вміст мінеральних речовин у порції розроблених смузі забезпечується на рівні 12,7...90,0% від добової потреби, тоді як у традиційній продукції мінеральний склад, крім кальцію, магнію і цинку, не перевищував 10% від добової потреби.

Розроблено схему взаємодії нутрієнтів у модельованих харчових композиціях смузі (рис. 5).



**Рис. 5 - Забезпечення взаємодії нутрієнтів у смузі для людей в умовах постійного стресу**

Всі жири, що містяться у традиційних паштетах переважно насичені, крім того, табличні дані хімічного складу традиційної паштетної продукції (табл. 4) доказують перевищення жирової складової над білковою у 31 раз. А також, гігієністи констатують, що зростання вікозалежної патології в Україні знаходиться у прямій залежності від кількості спожитого харчового волокна,

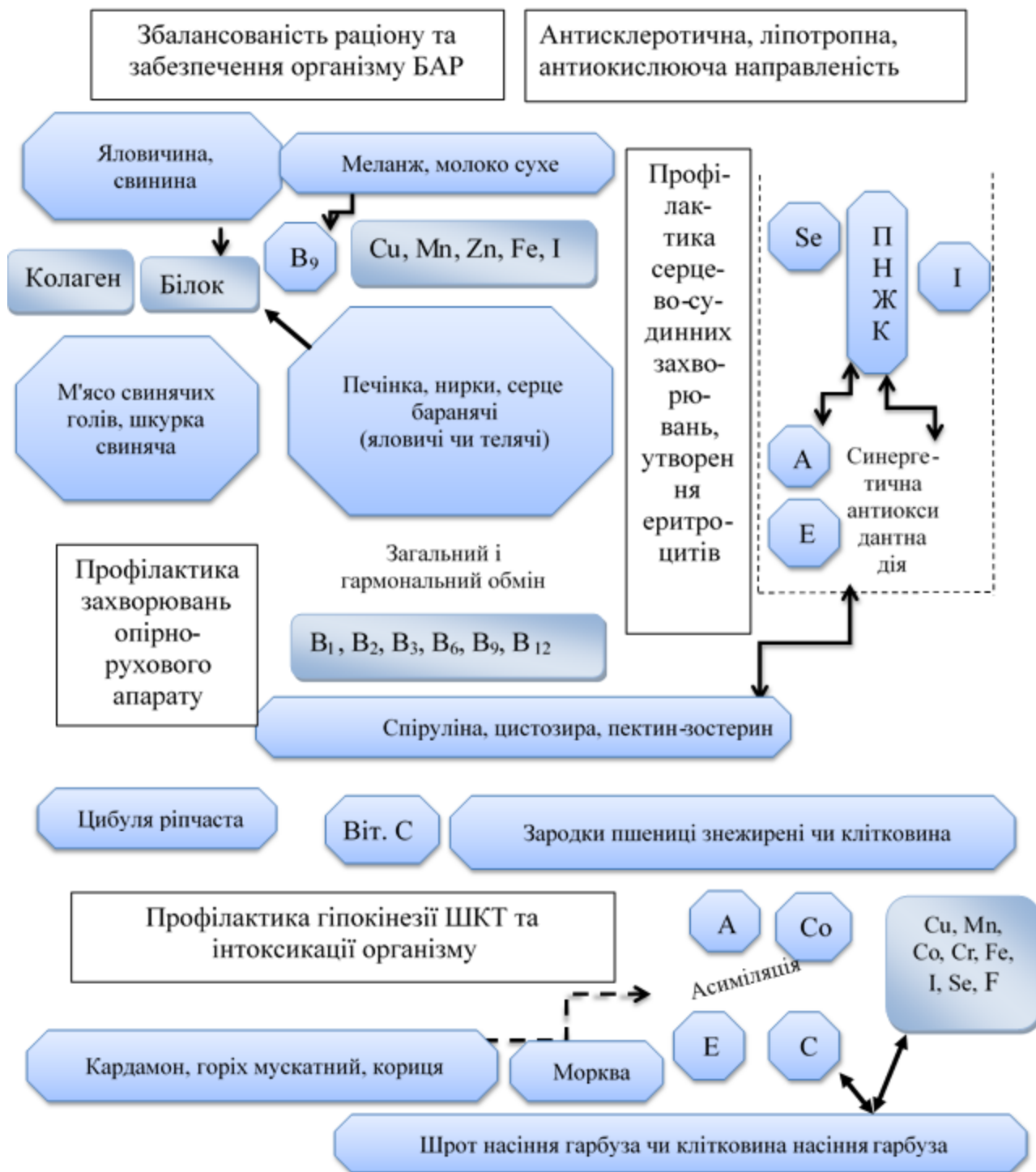


вітамінів антиоксидантної групи, вітамінів групи В, мінеральних речовин, а також вмісту холестерину в раціоні, яким так багата ця продукція. Формула традиційної паштетної продукції розбалансована та має різкий зсув у бік вмісту тваринних білків та насичених жирів, що ніяк не відповідає вимогам до продукції спеціального призначення для людей в умовах постійного стресу. Звідти саме проектування подрібнених виробів з м'ясної та рибної сировини, що відповідає цим вимогам, є актуальним.

При моделюванні харчових композицій м'ясних подрібнених виробів (м'ясних паштетів), зокрема паштету «Аматорський», «Морський», «Харківський» (рис. 6) як базові були використані рецептури паштетів відповідно: м'ясний паштет у оболонці – «Біловезький», № 159 «Паштет з печінки», столичний вищого гатунку. Для створення харчових композицій паштетів «Аматорський», «Морський», «Харківський» обрано м'ясо та субпродукти як джерело тваринного білка та колагену, овочі (цибуля та морква) та цистозиру і спіруліну, шрот насіння гарбуза чи зародки пшениці знежирені як джерело рослинних білків, вітамінів антиоксидантної групи, харчових волокон та мінеральних речовин (заліза, міді, цинку, інших); клітковину зародків пшениці чи клітковину насіння гарбуза і пектин-зостерин через вміст харчових волокон.

Очевидно, що обравши ці сировинні джерела, стає можливим збалансувати біково-жирову складову продукції відповідно до вимог раціонального харчування для людей в умовах постійного стресу. Так, формула паштету «Біловезького» на хлібі українському має вигляд 1:0,1:3,5, тоді як для розробленого паштету «Аматорський» на хлібі українському – 1:0,8:3,6, що повністю відповідає принципам спеціального харчування для людей в умовах постійного стресу. Вміст вітамінів та мінеральних речовин у порції розробленого паштету, наприклад паштеті «Аматорському» на хлібі українському, забезпечується на рівні 14,1...37,1% від добової потреби, тоді як у традиційній продукції мінеральний склад нараховує від 0 до 15,8% від добової потреби. Розроблено схему взаємодії нутрієнтів у модельованих харчових композиціях паштетів (рис. 6).

Моделювання базової харчової композиції січеників рибних «Перлінка» проводили на основі рецептури-аналога «Січеники рибні українські № 1.247» ; формула традиційної продукції зміщена у бік жирів, їх кількість перевищує білки удвічі, що з точки зору спеціального харчування для людей в умовах постійного стресу потребує корегування. Тому при моделюванні харчової

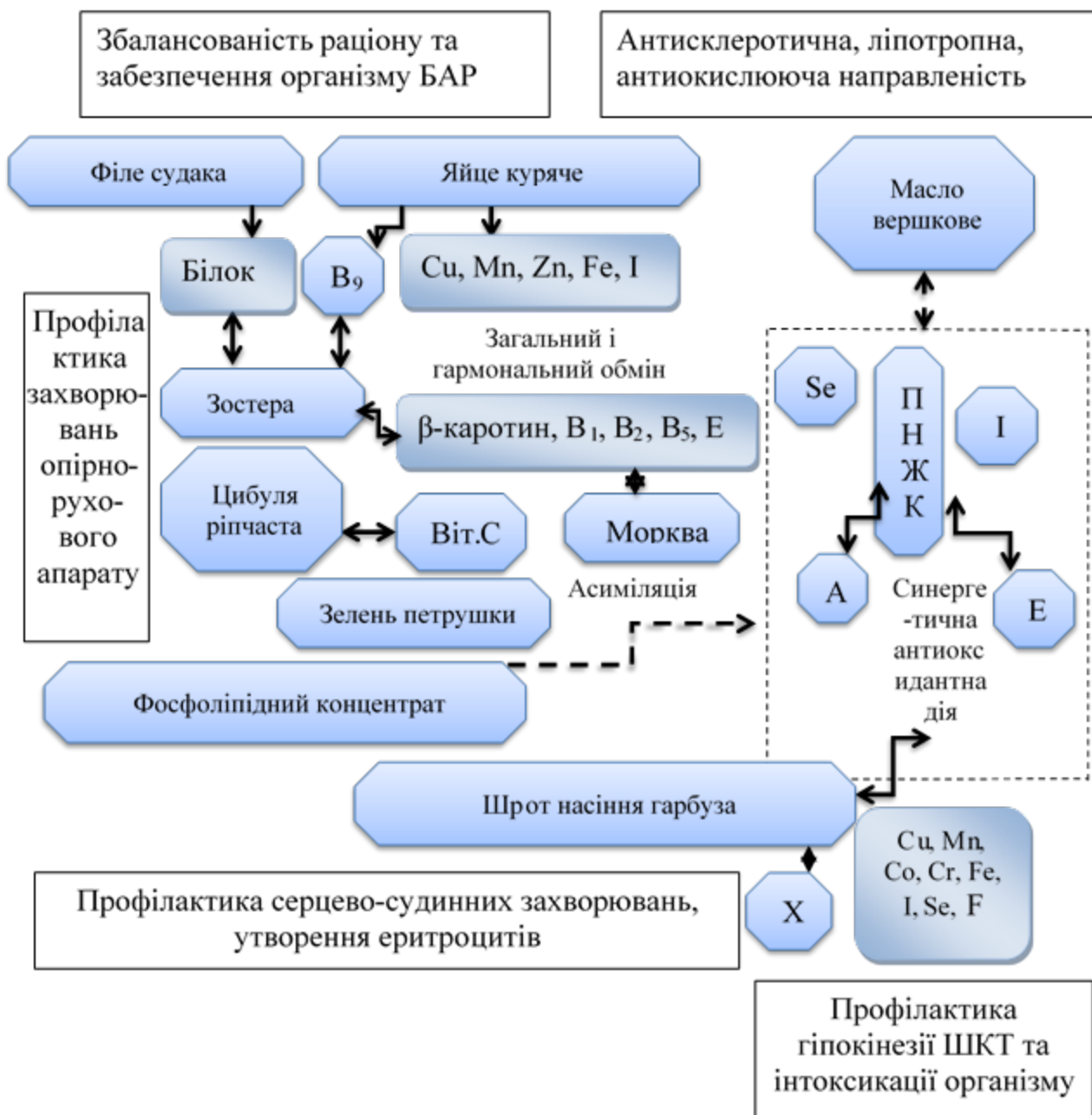


**Рис. 6 - Забезпечення взаємодії нутрієнтів у м'ясних подрібнених виробках для людей в умовах постійного стресу**

композиції січеників рибних «Перлінка» обрано філе судака і куряче яйце як джерело тваринного білка, зостеру, овочі (цибулю ріпчасту, моркву, зелень петрушки) і шрот з насіння гарбуза як джерело рослинних білків, вітамінів антиоксидантної групи, харчових волокон та мінеральних речовин, Формула

розроблених січеників рибних 1:0,9:0,7, тобто вуглеводну складову можливо збалансувати за рахунок додавання вуглеводного гарніру, наприклад рису відварного, тоді формула страви буде становити 1:0,9:3,5.

При моделюванні враховано взаємодію нутрієнтів у модельованій харчовій (паштетах) спеціального харчування для людей в умовах постійного стресу композиції січеників рибних та розроблено схему забезпечення взаємодії нутрієнтів (рис. 7).



**Рис. 7 - Забезпечення взаємодії нутрієнтів у рибних подрібнених виробках для людей в умовах постійного стресу**

Кількість борошна, рекомендованого для використання в харчових раціонах



спеціального харчування для людей в умовах постійного стресу обмежується 40–60 г/добу, хоча борошняні страви та вироби (вареники, оладки) є традиційно українськими стравами.

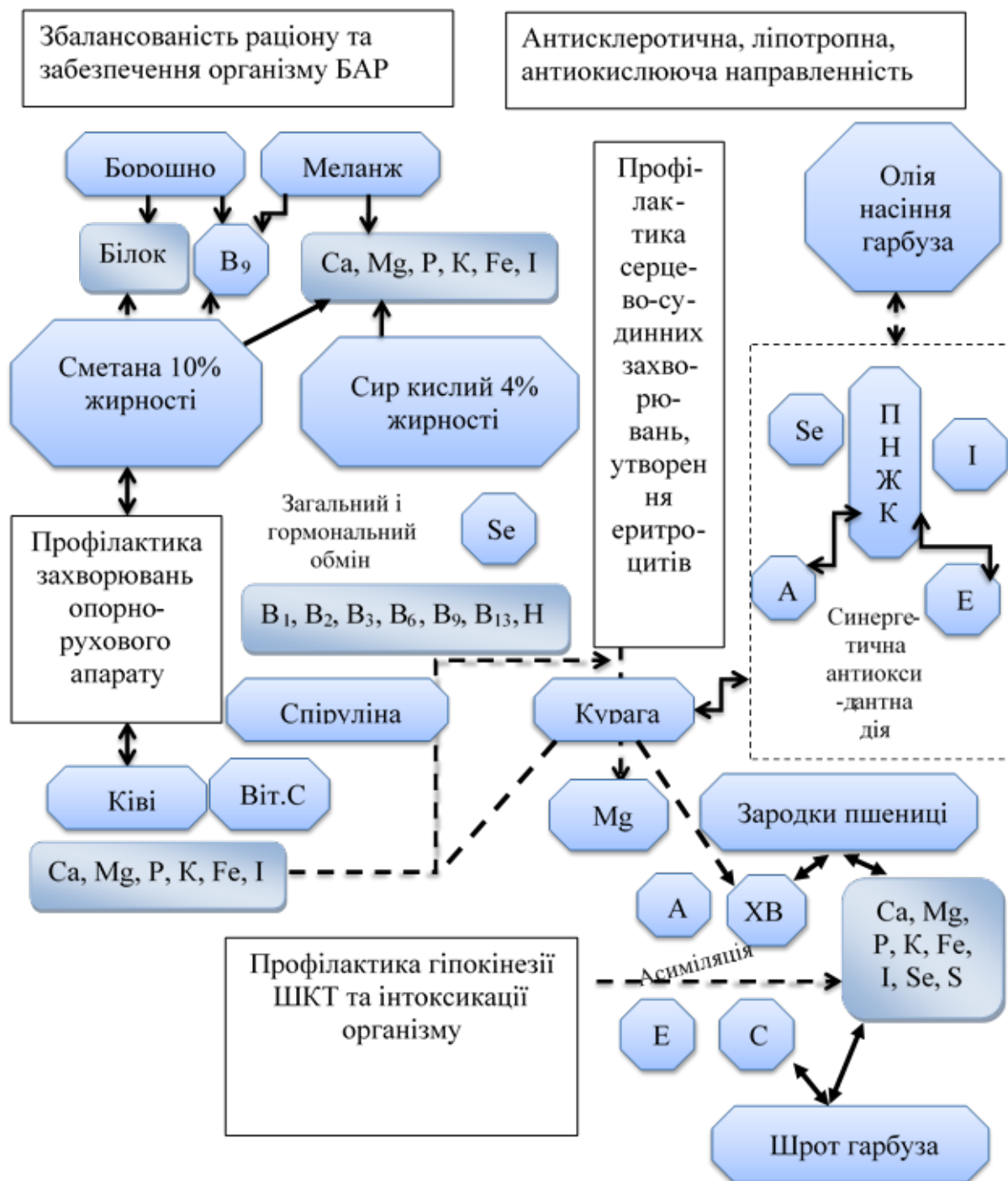
Хімічний склад традиційної борошняної продукції як кулінарної, так й кондитерської (табл. 5) демонструє незбалансованість у бік вуглеводів, як крохмальних, так й моно- та дисахаридів. Енергетична цінність традиційної борошняної продукції у 2 рази перевищує допустиму межу у 200 ккал, рекомендовану для людей в умовах постійного стресу.

При чому вміст жирової складової декілька занижений, наприклад, для вареників становить 20% від білкової, тоді як вуглеводи перевищують білки до 6 разів, тобто вживання традиційної борошняної продукції з точки зору раціонального харчування для людей в умовах постійного стресу, категорично не рекомендовано. Таким чином, необхідно проектування борошняної продукції нутрієнтно адекватної потребам людей в умовах постійного стресу. Моделювання харчової композиції борошняної продукції дозволило створити харчові композиції вареників «Сирні», оладок «Сирних» та мафінів «Чарівниця». Як базові були відповідно використані рецептури вареників на сметані, «Оладки сирні» та мафінів «Сирних».

У харчових композиціях обрано кисломолочні продукти (сметана 10% - жирності, сир кислий 4% - жирності, кефір 1% - жирності, меланж та спіруліну як джерело тваринних і рослинних білків, вітамінів групи В та мінеральних речовин (Кальцію, Фосфору, Магнію, Калію та Заліза); ківі та курагу як джерело вітамінів антиоксидантної групи, харчових волокон та мінеральних речовин; зародки пшениці та шрот гарбуза через вміст харчових волокон та мінеральних речовин. Такий сировинний набір дозволив збалансувати формулу спеціальної продукції для людей в умовах постійного стресу: вареників – 1:0,8:2,7, оладок – 1:0,9:3,2 та мафінів – 1:0,8: 2,7 і 1:0,9:2,6, що суттєво відрізняється від формули продуктів-аналогів: «Вареники з сиром» (1:0,2:2,2); оладок (1:1,5:5,2); мафіни (1:2:6,1). Розроблено схему взаємодії нутрієнтів, що містяться в модельованих харчових композиціях борошняної продукції (рис. 8.).

Для створення харчових композицій страв з сиру пудинг і запіканка «Сирна насолода» обрано сир кислий і яйця курячі як джерело тваринного білка, овочі (морква) та цистозиру і спіруліну, шрот насіння гарбуза чи зародки пшениці знежирені як джерело рослинних білків, вітамінів антиоксидантної групи, харчових волокон та мінеральних речовин (заліза, міді, цинку, інших);





**Рис. 8 - Забезпечення взаємодії нутрієнтів у борошняній продукції для людей в умовах постійного стресу**

клітковину зародків пшениці чи клітковину насіння гарбуза і пектин-зостерин через вміст харчових волокон. Обравши ці сировинні джерела, стає можливим збалансувати біково-жирову складову продукції відповідно до вимог раціонального харчування для людей в умовах постійного стресу.

Так, формула пудингу сирного має вигляд 1:0,7:1,45, тоді як для розробленого пудингу «Сирна насолода» – 1:1,5:1,6, що повністю відповідає



принципам спеціального харчування для людей в умовах постійного стресу. Вміст вітамінів та мінеральних речовин забезпечується на рівні 18,3...42,1% від добової потреби, тоді як у традиційній продукції мінеральний склад нараховує від 3,5 до 23,6 % від добової потреби.

Формула порції розробленої запіканки «Сирна насолода» – 1:1,4:2,0, для традиційної запіканки «Сирна» – 1:0,2:0,8, вміст вітамінів та мінеральних речовин забезпечується на рівні 17,8...32,4% від добової потреби, тоді як у традиційній продукції мінеральний склад нараховує від 3,6 до 23,0% від добової потреби.

### **1.3. Моделювання добового харчового раціону для людей в умовах постійного стресу**

Працездатні українці протягом року споживають орієнтовно, згідно з запропонованим Урядом Постанови КМУ від 11 жовтня 2016 р. № 780 набором, 44 кг м'яса, птиці та сала, 13 кг свіжої, мороженої та соленої риби, понад 7 кілограмів різних круп, близько 4 кг макаронних виробів, майже 2 кг бобових, 95 кг картоплі і е стільки ж інших овочів, а також близько 60 кг різних фруктів та ягід, що в сукупності становить обсяг споживання різноманітної їжі понад 650 кг на рік і майже 55 кг на місяць (Таблиця 6).

Узагальнені дані нутрієнтного складу харчового раціону українських військовослужбовців, свідчать, що під час складання раціонів практично не враховуються співвідношення основних нутрієнтів, формула раціону практично не збігається із рекомендованою, тобто коливання нутрієнтів порівняно з рекомендованими нормами раціонального харчування становили до 50%. Таким чином, результати дослідження харчового раціону українських військовослужбовців дозволяють стверджувати, що їх харчування потребує суттєвих змін як у наборі продуктів, так і корегування принципів складання щоденного меню, зокрема розроблення моделі розподілу енергетичної цінності між групами харчової продукції в добовому раціоні спеціального призначення з урахуванням виведення загальної формули харчового раціону для людей в умовах постійного стресу.

Відповідно до висновків, нами розроблено та запропоновано модель розподілу енергетичної цінності між групами харчової продукції в добовому раціоні спеціального призначення (рис. 9).



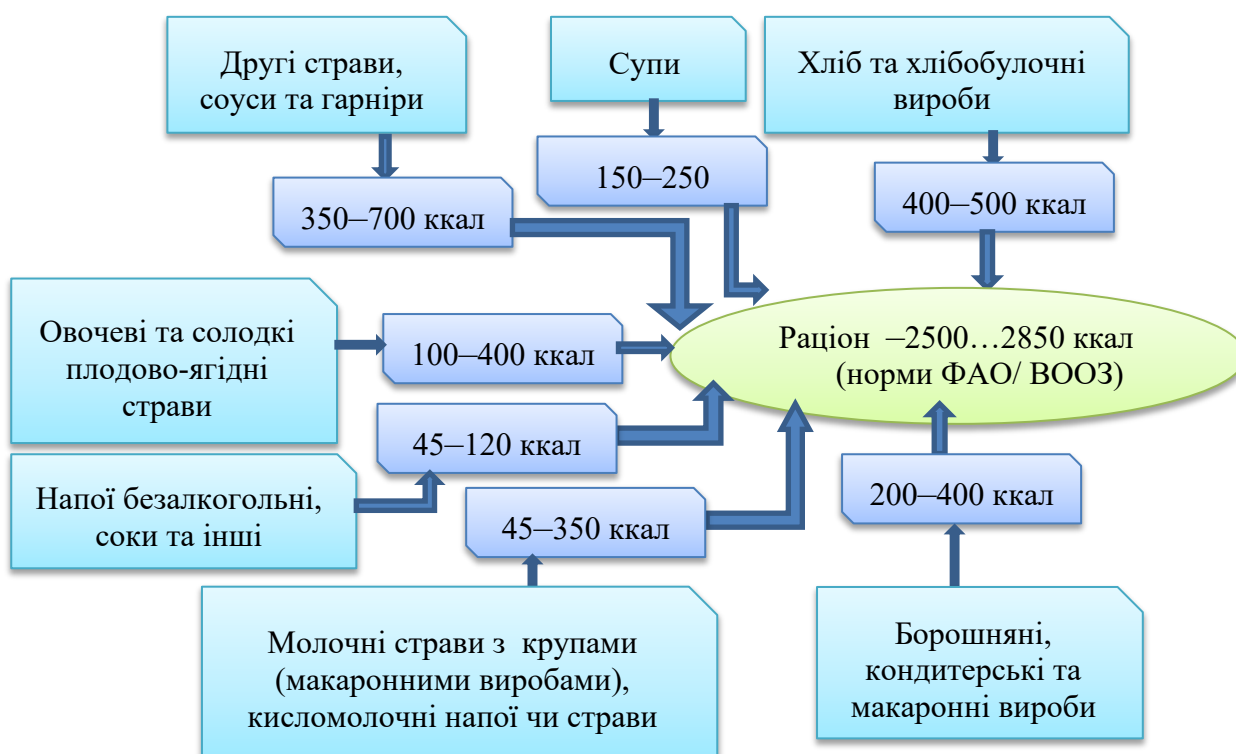
**Таблиця 6 - Набір продуктів харчування працездатного населення, кг на одну особу**

Найменування продуктів	Норма на рік	Норма на місяць
1	2	3
Хлібопродукти:		
Хліб пшеничний	39,0	3,25
Хліб житній	62,0	5,17
Макаронні вироби	4,0	0,33
Борошно пшеничне	9,0	0,78
Крупи:		
Рисова	2,5	0,21
Пшоняна	1,0	0,08
Гречана	2,0	0,17
Вівсяна	1,1	0,09
інші	0,5	0,04
Бобові	1,9	0,16
Картопля	95,0	7,92
Овочі (у т.ч. солоні і квашені):		
Капуста	28,00	2,33
Помідори, огірки	25,00	2,08
Морква	9,00	0,75
Буряки	9,00	0,75
Цибуля	9,10	0,76
Часник	0,90	0,08
Інші сезонні овочі (кабачки, гарбузи)	13,00	1,08
Баштанні (кавуни, дині)	16,00	1,33
Фрукти і ягоди:		
Плоди і ягоди свіжі	60,00	5,0
Сухофрукти	4,00	0,33
Цукор:	24,00	2,00
Кондитерські вироби	13,00	1,08
Олія:	7,10	0,59
маргарин	2,00	0,17
М'ясо, м'ясні продукти:		
Яловичина	16,00	1,33
Свинина	8,00	0,67
Субпродукти	4,00	0,33
Птиця	14,00	0,17
Сало	2,00	0,17
Ковбасні вироби	9,00	0,75
Риба, морепродукти:		
Риба свіжі, свіжоморожена	7,00	0,58
Оселедець	4,00	0,33
Рибні продукти	2,00	0,17
Молоко, молокопродукти:		
Молоко	60,00	5,00
Кисломолочні продукти	60,00	5,00
Масло вершкове	5,00	0,42



Продовження табл.6

1	2	3
Сир твердий	3,50	0,29
Сир м'який	10,00	0,83
Сметана	5,00	0,42
Яйця (в один.)	220,00	18,33
чай	0,4	0,03
Кава мелена в зернах	0,5	0,04
сіль	3,0	0,25
спеції	0,3	0,03
ВСЬОГО:	652	54,34



**Рис. 9 - Розподіл енергетичної цінності між групами харчової продукції спеціального призначення для людей в умовах постійного стресу**

Відповідно до запропонованої моделі розроблено зразковий раціон для людей в умовах постійного стресу для спеціалізованих закладів, що займаються реабілітацією військовослужбовців, до складу якого включено харчову продукцію спеціального призначення для людей в умовах постійного стресу з використанням дієтичних добавок рослинного походження, що дозволило збалансувати загальну формулу харчового раціону та врахувати вимоги раціонального харчування до вмісту харчових волокон, холестерину, мінеральних речовин, вітамінів антиоксидантної групи, протианемічних



вітамінів групи В, інших нутрієнтів антистресової дії.

Запропонований харчовий раціон спеціального призначення включає розроблену продукцію та апробований у Територіальному реабілітаційному центрі соціального обслуговування Ульянівського району Кіровоградської області.

Характеристику запропонованого харчового раціону спеціального призначення наведено в табл. 7.

**Таблиця 7 - Характеристика харчового раціону спеціального призначення**

Енергетична цінність, щодобово (ккал)	Вміст нутрієнтів, г							Формула харчового раціону (білки : жири : вуглеводи)
	білків		жирів		вуглеводів		Холестерину, мг	
	загальний вміст	у т.ч. незамінні АК	загальний вміст	у т.ч. ПНЖК	загальний вміст	у т.ч. харчові волокна		
2924,9	60,2	42,5	138,5	28,8	349,2	45,9	127,0	1:2,3:5,8
2808,0	59,4	54,7	130,7	40,1	338,6	41,8	149,4	1:2,2:5,7
2657,2	54,7	51,0	125,8	33,5	317,3	32,0	177,7	1:2,3:5,8
2569,3	53,5	44,1	117,7	31,4	314,8	27,6	169,3	1:2,2:5,9
2633,6	54,2	46,2	124,7	39,0	314,4	34,8	117,7	1:2,3:5,8
2827,1	59,8	47,6	131,6	39,8	340,9	35,4	166,6	1:2,2:5,7
2594,0	53,4	49,6	122,8	47,2	309,7	42,4	267,3	1:2,3:5,8
2537,3	51,8	45,8	119,1	35,7	305,6	41,0	165,2	1:2,3:5,9
2584,1	54,2	36,1	119,2	20,6	314,4	44,4	208,8	1:2,3:5,8
2817,2	59,6	57,2	131,1	41,4	339,7	33,6	112,8	1:2,2:5,7
2611,3	53,3	38,8	122,6	38,2	314,5	28,0	279,0	1:2,3:5,9
2718,0	57,5	51,9	126,5	35,5	327,8	34,5	231,7	1:2,2:5,7
2813,1	57,9	37,6	133,2	31,9	335,8	33,0	126,0	1:2,3:5,8
2827,7	58,2	35,9	133,9	28,4	337,6	35,4	185,2	1:2,3:5,8
<b>2708,8</b>	<b>56,3</b>	<b>46,4</b>	<b>127,0</b>	<b>35,1</b>	<b>325,7</b>	<b>36,4</b>	<b>190,5</b>	<b>1:2,3:5,8</b>

Енергетична цінність розробленого та пропонованого двотижневого раціону, що рекомендується споживати людям в умовах постійного стресу, змінюється в межах 2537,3...2829,9 ккал/добу, середня енергетична цінність дослідженого харчового раціону становить 2699,6 ккал, що для чоловіків перевищує вимоги ФАО/ВООЗ у 1,25...1,38 разу та практично відповідає



вимогам науковців України (2790,8 ккал/добу); суттєво перевищує вимоги для жінок: ФАО/ВООЗ – у 1,51...1,67 разу та практично відповідає вимогам науковців України. Межа енергетичної цінності раціону за рекомендаціями ФАО/ВООЗ становить: для чоловіків – 2050 ккал/добу та для жінок – 1700 ккал/добу.

Характеристики розробленого харчового раціону відповідають вимогам раціонального харчування, щодобово та в середньому за двотижневим раціоном вони є відповідно такими:

- складова білка в енергетичній цінності харчового раціону – 8,4...8,7%;
- вміст незамінних амінокислот до загального білка – від 61,7 до 96,0%;
- кількість лізину ÷ метіоніну + цистеїну ÷ фенілаланіну + тирозину в добовому раціоні становить не менше 5,5:3,5:6,0 г;
- жирова складова в загальній калорійності становить не більше 41,2...42,6%, причому рослинних жирів – від однієї п'ятої частини до однієї третьої, поліненасичених жирних кислот – 20,7...38,4% від вмісту насичених жирних кислот;
- вуглеводна складова становить 48,9...50,2% загальної калорійності;
- харчових волокон міститися в межах 27,6...44,4 г/добу.

Вміст білків у запропонованому раціоні, а саме 51,8...60,2 г/добу, перевищує встановлену норму за вимогами науковців України (52,0...58,0 г/добу для жінок) і співпадає з вимогами для чоловіків (54,0...65,0 г/добу), але є меншою за вимоги ФАО/ВООЗ (63,8...76,9 г/добу).

Середньодобова кількість білка в запропонованому раціоні дорівнює 56,3 г/добу, що не відповідає вимогам ФАО/ВООЗ та на 3,7% більше рівня вимог науковців України для жінок і співпадає з вимогами для чоловіків. Відомо, що повноцінні білки, крім пластичної та енергетичної функцій, виконують важливу захисну роль, підвищуючи стійкість організму до впливу різних інфекцій, токсичних агентів, а також нервово-психічного напруження і стресових ситуацій. За умови достатнього вмісту білка в раціоні найбільш повно виявляються біологічні якості інших нутрієнтів (жирів, вітамінів, мінеральних елементів).

Вміст жирів у раціоні, а саме 41,2...42,6 г/добу, перебуває в межах норми за вимогами науковців України та на 37,4...45,6% менше за вимог ФАО/ВООЗ (56,7...78,3 г/добу).

Середньодобова кількість жирів становить 127 г/добу, що більше за вимог



фахівців ФАО/ВООЗ на 55,4% . Частка жиру в загальній калорійності зменшена до 41,2...42,6 %, а вміст рослинних жирів складає від 1/5 до 1/3 загальної кількості жирів. Збільшення кількості жирів у раціоні людей перебуваючих у стані постійного стресу за рахунок споживання поліненасичених жирів сприятиме профілактиці серцево-судинної патології та підсилить синергетичну антиоксидантну дію раціону.

Вміст вуглеводів у запропонованому раціоні перебуває в межах 314,4...349,2 г/добу, що перевищує вимоги ФАО/ ВООЗ на 20,0...25,6,0% (233,8...281,9 г/добу) та на 23,7% менше за нижню межу вимог науковців України для жінок і на 2,6% менше за верхню межу для чоловіків (240,0...270,0 г/добу для жінок і 270,0...300,0 г/добу для чоловіків). Середньодобова кількість вуглеводів у запропонованому раціоні становить 325,7 г/добу, що на 28,3,0% більше за вимоги фахівців ФАО/ВООЗ, на 7,9% більше за вимоги науковців України для чоловіків, і незначно перевищує їх для жінок – на 13,4%.

Розробляючи харчові раціони для людей в умовах постійного стресу, які мають хвороби шлунково-кишкового тракту, серцево-судинної системи і цукровий діабет, слід прагнути до зменшення загального вмісту вуглеводів у добовому раціоні, оскільки це сприяє зниженню збудливості вегетативної нервової системи та підвищенню вмісту полісахаридів, що не засвоюються.

Аналіз мінерального та вітамінного складу смузі, уведених у раціон, показав, що їх споживання повністю покриває денну потребу у Zn, Fe, Cu та Mg/Ca, а також вітамінах А, С і Е. Вітаміни-антиоксиданти необхідні для профілактики вікозалежних захворювань. Продукти, багаті на калій, цинк, мідь, йод і селен, тобто аліментарні стресопротектори, подовжують термін життя та гальмують процеси розповсюдження стресового стану у соціумі. Забезпечення розробленим харчовим раціоном денної потреби у хелатних металах обумовлює профілактику онкологічних патологій, а також антисклеротичну, ліпотропну, антиокиснюючу направленість харчового раціону.



## **Висновки**

Представлена робота є реалізацією важливого завдання науковців у сфері оптимізація раціону харчування в екстремальних умовах та вирішує дане завдання за рахунок спеціальних харчових продуктів (біологічно повноцінних і збалансованих за основними нутрієнтами продуктів). Пропонується розглянути можливість використання розробленого раціону в організованих колективах, зокрема в реабілітаційних центрах, пансіонатах та профілакторіях та рекомендувати для профілактики розповсюдження стресового стану у соціумі.

Проведено порівняльний аналіз дослідженого і розробленого харчових раціонів на основі моделей якості. Комплексний показник якості ( $K_{\text{пн}}$ ) розробленого та дослідженого харчових раціонів спеціального призначення охоплює такі показники двотижневих та окремо денних раціонів: енергетична цінність, кількість білків, жирів і вуглеводів, співвідношення нутрієнтів, вміст холестерину.



**KAPITEL 2 / CHAPTER 2<sup>2</sup>****CURRENT STATE OF PRODUCTION AND PROSPECTS OF THE USE OF OILY FLAX SEED IN THE FOOD INDUSTRY****DOI: 10.30890/2709-2313.2023-23-01-014****Introduction**

Nutrition is one of the most important factors determining human health. It is possible to improve the nutrition of the population due to the use in the recipes of food products of traditionally grown, collected, harvested and processed in Ukraine natural plant raw materials, which have a high biological value. One of the traditional and annually updated types of domestic raw materials used in the food industry is linseed oil, including seeds. Flax seeds are currently very popular as a food supplement. Bread products with the addition of flax seeds acquire a delicate taste due to a large amount of fat, as well as an attractive-looking crust. Studies have shown that consuming bread enriched with flax seeds for four weeks lowers cholesterol by 7-9%. The possibility of using flax flour for the preparation of gluten-free confectionery has also been proven.

Analyzing the world experience of using flax seeds and oil, we can conclude that the scope of their application is expanding every year and has a rapid growth trend. This is explained by the unconditional value of seeds, namely the presence of various organic compounds.

Taking into account the rapid development of innovative technologies, the development, expansion and systematization of consumer characteristics of flaxseed food products is an urgent task today.

**2.1. Peculiarities of the morphological structure and agrotechnics of oil flax**

Linseed oil is an important source of raw materials for the production of technical oil in our country. Its seeds contain 42-50% fat, which dries quickly (iodine number - 175-195), forming a thin, smooth, shiny film. The botanical name of flax *Linum usitatissimum* means "most useful". Good-quality oil is widely used in many industries: in the paint industry for the production of natural oil, varnishes, enamels, various paints for underwater work; electrical engineering, aviation, automobile construction,

---

<sup>2</sup>*Authors: Gorach Olha Oltksiivna*



shipbuilding, foundry production, metalworking, etc., as well as in soap making, medicine. Linseed oil is indispensable in the production of lithographic paints, linoleum, oilcloth, and waterproof fabrics. Sometimes fresh linseed oil is used in food in its natural form.

Flax is an important medicinal plant. Flaxseed oil is used in the dietary nutrition of patients with disorders of fat metabolism, atherosclerosis, ischemic heart disease, brain diseases, hypertension, diabetes, liver cirrhosis, hepatitis, fatty liver disease. Flaxseed oil contains a minimum amount of cholesterol and a large amount of unsaturated fatty acids, the use of which with food reduces the cholesterol content. The mucus released when the seeds are soaked has good softening properties for intestinal diseases.

Oil production waste: cake and meal is a valuable concentrated feed, containing up to 1.2 feed units, 31-38% digestible protein and about 9% fat. It is superior to other plants in terms of fodder qualities, as it is easily digested by animals. Feeding it to cows increases milk yield and fat content, fattening steers significantly increases weight gain.

The stalks of linseed oil contain 10-15% of fiber suitable for making coarse fabrics. The raw material for the production of cigarette paper and cardboard is straw, which contains up to 50% cellulose. Slabs used in construction are made from waste (firewood). In addition, flax wood briquettes are a good fuel.

Flax has been a part of human life since ancient times: it was used in India, China, Egypt, Transcaucasia 4-5 thousand years BC. Flax stalks with pods and seeds, remnants of linen fabrics, threads, and ropes have been found in fragments of Swiss stone age buildings. For 5 thousand years BC, the culture of flax was well known in Egypt - mummies were wrapped in linen cloth.

Primitive Slavic tribes also knew this culture well and knew how to make yarn from flax, and oil from seeds. At the beginning of Kievan Rus, as chroniclers testify, all tribes were engaged in weaving. In the 12th-16th centuries, flax became the main technical crop of all Russian principalities, it was widely used in trade with overseas countries, and a state duty was imposed on it. In Ukraine, flax began to be sown from the 6th century.

Flax oil occupies more than 70% of the cultivated area of flax in the world. Recently, the production of linseed oil has been intensively developing in Canada and the USA [1-4]. According to FAO data, the area of flax crops around the world is almost 3.5 million hectares [5].



In Ukraine, the area under flax cultivation has been growing in recent years. So, in 2022-2023, the area sown with flax amounted to 33.1 thousand hectares, which is 20% more than the previous season. This indicator is the maximum for the last five seasons according to UkrAgroConsult analysts [6].

At the same time, the yield decreased by 44% - to 0.86 t/ha, which is the lowest indicator for the last four seasons. The gross collection is 27.5 thousand tons, that is, 34% less than in 2021-2022.

In 2022-2023, flax oil partially lost its export orientation, the share of exports in the harvest decreased to 44%, while in the previous year exports amounted to 83%. Strengthening the position of Kazakhstan in foreign markets, which increased exports by 31% of flax exports for the period September-May 2021-2022.

According to analysts' forecasts, in 2023-2024, the area of oilseed crops will be expanded due to their higher profitability compared to grain crops, oilseed linseed is no exception, remaining a niche crop. Sown area may become the maximum in the last 6 years. The current weather conditions give reason to expect a higher yield than the average for the last three years. The harvest of flax is expected at the level of 40-41 thousand tons [7].

The increase in cultivated areas is explained by the fact that long-leaved flax does not require large capital investments, since its cultivation is 1.1-1.3 times cheaper than sunflower production. At a price of 12,000 t/t and a yield of 0.7-0.8 t/ha, its profitability is positive.

Unfortunately, the market for falsified seeds in Ukraine is large: many producers grow flax varieties of unknown origin and with questionable seed quality. This affects the crop yield and the final price of the grown products [8].

Specialists of the Research Institute of Oil Crops noted that high-quality and certified seeds produced in the form of commercial flax are sold at lower prices, as a result of which farmers lose the yield of this crop. According to experts in the field, one of the main tasks in growing flax is the varietal purity of the seed material. Specialists carry out two types of cleaning of flax crops: the first - during the flowering period, when the color of the flowers of the main varieties disappears, impurities can be distinguished from other varieties, the second - at the early yellow stage. ripening taking into account the height of the plant, the shape of the bush and the yield obtained. According to the current instructions, crop varieties are tested in the phase of full flowering of the plant.

Varietal renewal in the seed area of the farm takes place once every three years



with the seeds of the first reproduction of the entire area. The seeds must be cleaned of weeds, sorted, without diseases, at least the third time of reproduction, high quality, high germination up to 1000 seeds. Using more seeds for sowing helps to increase germination in the field. It is forbidden to sow seeds affected by the weevil. Seeds of quarantine weeds and live pests and their larvae are not allowed in sowing materials.

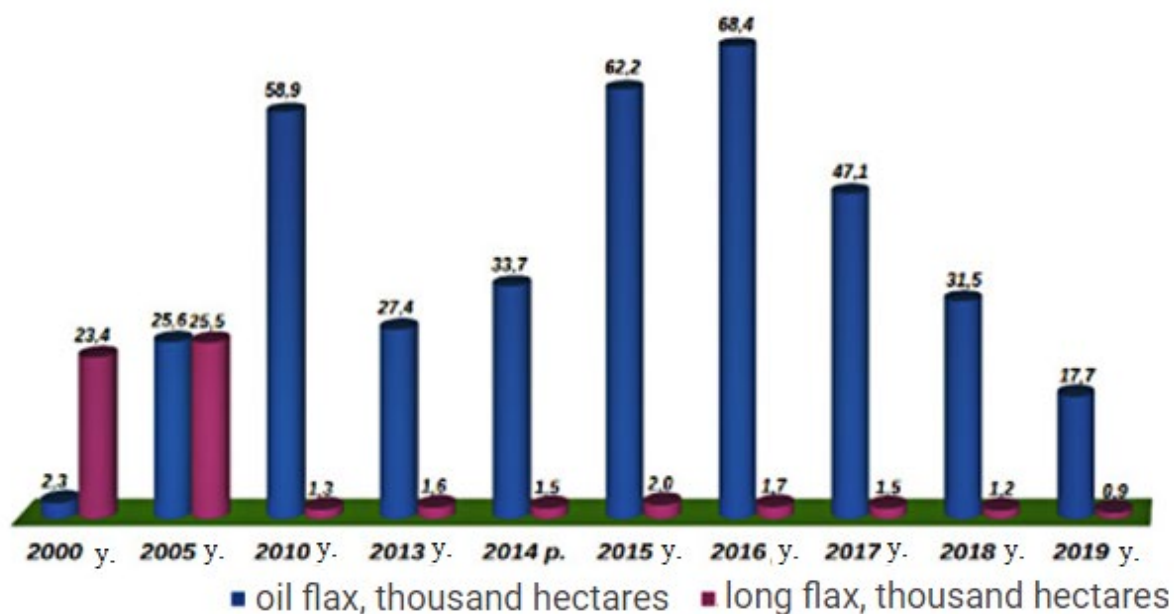
One of the main reasons why you should take care of growing flax for oil is the economic component. Due to the high oil content of 45-50% and the potential yield of 2.0-2.5 t/ha, oil flax is a highly profitable crop and very attractive to agricultural producers.

Cultivation of linseed does not require large material costs, as the cost of cultivation is on average 1.1-1.3 times cheaper than sunflower production. The cost price per hectare is 8-10 thousand UAH, and the profit from one hectare reaches 8.0-11.5 thousand UAH. per ton and the yield is 0.7-0.8 c/ha, therefore the profitability is positive [9].

Flax is one of the few promising niche agricultural crops whose economic potential for agribusiness remains almost unknown. In world agriculture, this culture has been known for a long time, but in recent years it has been almost forgotten by domestic agribusiness. In our conditions, both flax and oil flax are grown. Flax is a spinning agricultural crop, from the stem of which fibers are formed with valuable technological properties - flexibility, thinness and high strength. Linseed oil is a culture from which raw materials for the production of technical oil are obtained. Flax is of special agrotechnical importance as the best predecessor of winter grain crops. In addition, flaxseed is in demand as a useful food dietary supplement, and its meal has a high feed value compared to others.

Despite the universal nature of the use of its various species and the important importance in the diversification of agribusiness, the sown areas of long-leaved flax have decreased quite significantly since the beginning of the 2000s, while in some years almost 70 thousand hectares were sown. oil flax. Since 2017, there has been a steady trend towards a reduction in the sown areas of all types of flax. In fig. 1 shows the dynamics of changes in the cultivated area of long-leaved flax in the country.

If we estimate the domestic market demand for long flax today, it is insignificant to interest the farmer to expand the cultivated area. Spinning flax as a separate industry began to decline in the early 2000s. Even today, farmers have changed the direction of specialization in flax growing and are more engaged in the cultivation of oilseed flax as a more competitive agricultural crop.



**Figure 1 – Dynamics of changes in flax sown areas in all categories of farms in Ukraine for the period 2000-2019**

According to many experts of the agricultural market, the cultivation of linseed is one of the most profitable medium groups of non-marginal traditional oil crops. Few people know about the real competitive advantages of linseed cultivation, which ensure its profitability at levels of 100% and higher.

First of all, in this market, the crop is in high demand among traders due to its high oil content, which on average for different varieties is from 44% to 50%, and among farmers - due to the yield of up to 2.0-2.5 t/ha and above. with low production costs during cultivation and minimal use of pesticides. Purchase prices for flax are less dependent on seasonal fluctuations and market conditions than sunflower or other. They also refer to export prices, which are almost an order of magnitude higher than traditional grain and oil crops. In the table 1 shows the import and export of flax by enterprises of Ukraine for this analysis of customs statistics information.

Analyzing the data in the table. 1, it can be concluded that today there is a significant demand for global agricultural products on the domestic market, which are bought in many countries of the world at a fairly attractive price. In 2016-2017, the average annual export price of 1 ton of flax product reached almost \$3,000, while for rapeseed, for example, it did not exceed \$394.8-412.7.

That is, the difference in profitability of the export of 1 ton of these agricultural crops is actually almost 7 times higher than the sale of flax. At the same time, the total amount of flax exports during 2011-2019 reached 11-57 thousand tons.



**Table 1 – Import and export of flax by enterprises of Ukraine**

Years	Import volume, t	Price, \$ thousand	Average import price of 1 t, \$	Export volume, t	Cost, \$ thousand	Average export price of 1 t, \$
2011	137	110	802,92	10694	18640	1743,03
2012	184	162	880,43	22684	44956	1981,84
2013	84	45	535,71	7087	10935	1542,97
2014	75	83	1106,67	10221	22106	2162,80
2015	127	142	1118,11	12389	29462	2378,08
2016	133	134	1007,52	15300	44089	2881,63
2017	134	72	537,31	19394	56919	2934,88
2018	569	1522	2674,87	5878	12909	2196,16
2019	227	486	2140,97	5887	11269	1914,22

The agrotechnics of growing linseed in Ukrainian fields is well-developed and provided that the technology is strictly observed, soil cultivation and crop care are carried out in a timely manner, as well as the use of high-quality seed material can provide an average yield in the range from 1.5 t/ha to 2.5 t/ha and above.

which, in 2019, in all categories of farms in the Poltava region on a total area of 1.2 thousand hectares, the average yield of oil flax pollution was 1.56 t/ha, and in Lviv and Khmelnytskyi regions, respectively, on 0.7 thousand hectares and 0,8 thousand ha, it was about 1.46 t/ha and 1.47 t/ha.

A rather important advantage of flax is that it is a drought-resistant crop due to the peculiarities of the root system. And this is more relevant today than ever for farmers when choosing additional insurance agricultural crops in conditions of unpredictable climate changes and an increase in the area of the territory, which have a negative impact on drought and risk crop loss due to insufficient moisture supply.

There are separate agrotechnological aspects of flax cultivation. This culture requires heat. Flax seeds begin to germinate at a temperature of 3-5°C. However, the specified agricultural crop also essentially depends on the heat precisely in the period during the achievement. This should be kept in mind when planning sowing dates and selecting the appropriate variety for a specific natural and climatic zone of cultivation together with its agricultural technology.

Another agrotechnological aspect of growing occurs in what is demanding on the state of fertility. It is generally known that the best grounds for it are chernozems. At the same time, in the opinion of experts, flax does not compete on heavy waterlogged and saline soils. In addition, it is necessary to know that during the formation of 1 ton

of the crop by weight of content, it carries 2-3 times more nitrogen, phosphorus and potassium from the base than grain crops. Taking into account this fact, flax crops should be placed, first of all, on the basis of a sufficient content of available living substances, which positively affects the development of plants and the formation of the future harvest. However, do not forget to apply optimal amounts of mineral fertilizers. Their dose should be determined on the basis of the planned level of productivity and, after carrying out a corresponding calculation analysis, justify the content of available living substances.

The average seeding rate is from 35 kg to 50 kg per hectare. The more arid the growing area, the higher the sowing rate should be. The approximate market price for the cost of 1 reproduction today is from UAH 24,000 to UAH 30,000 for 1 ton. Commodity consumption costs less. A separate segment of the agricultural market is occupied by organic flax, where the sales price starts from UAH 68-70 thousand per ton.

Given the predicted production costs per hectare in the amount of UAH 17.56 thousand, taking into account the cost of sowing, fertilizers, plant protection products and rent, together with other items of the cost of production, the profitability of growing oilseed flax will be determined by two factors: the obtained average yield and the price of products [10].

In Fig. 2 shows a diagram of the rentability of linseed cultivation in 2019.

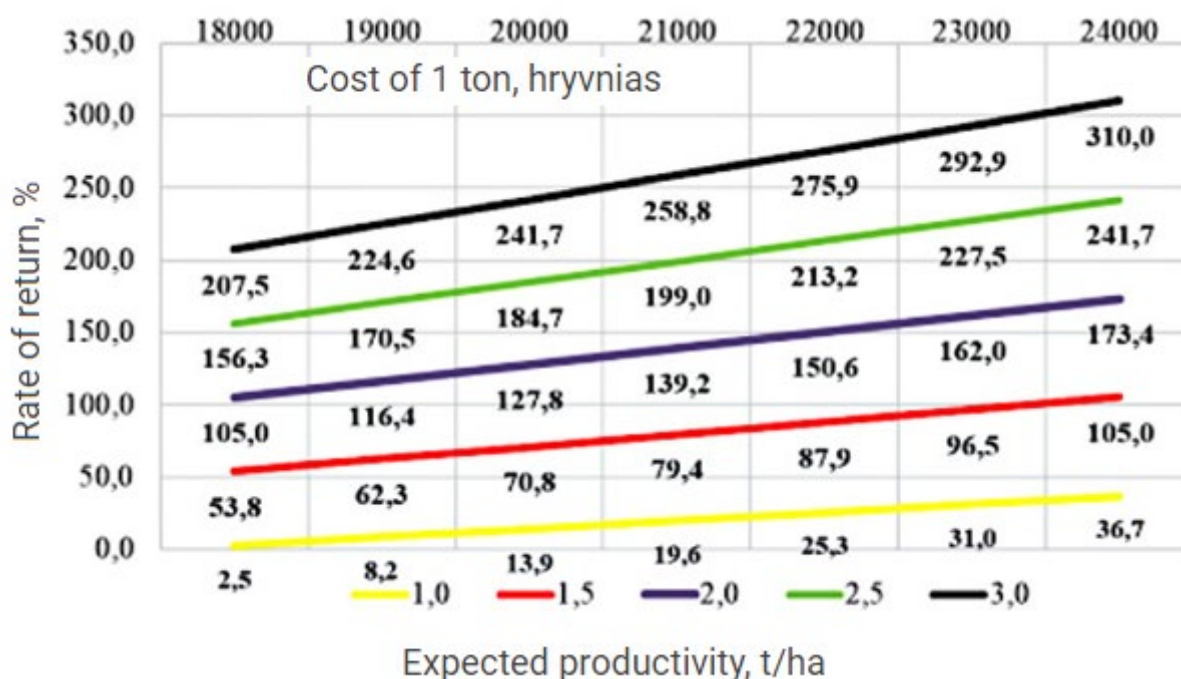


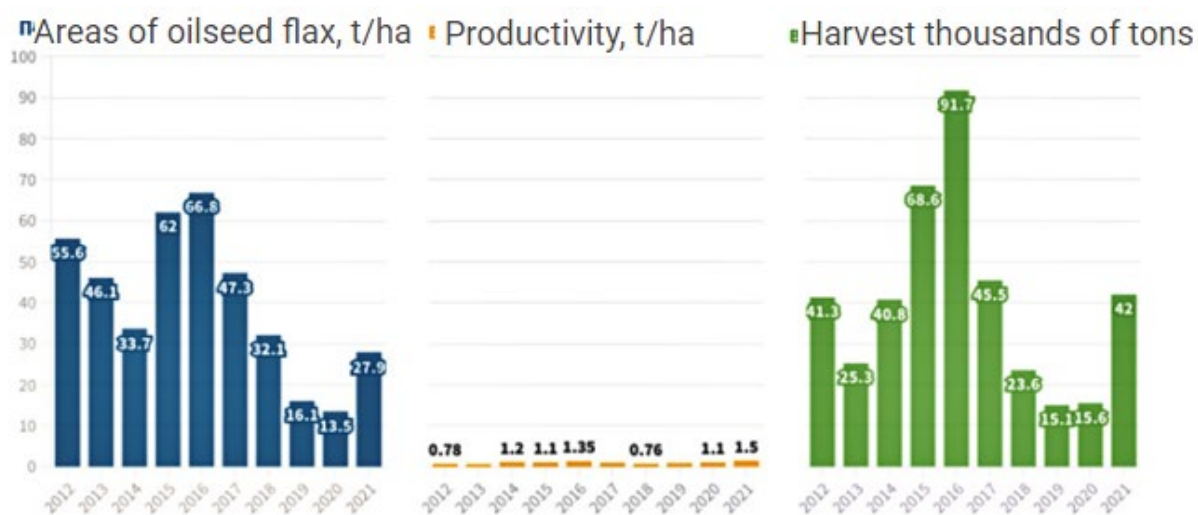
Figure 2 – Diagram of the profitability of flax cultivation oil in 2019



Analyzing the data shown in fig. 3, it can be concluded that with a yield of 1.5 t/ha and a sales price of 18-19 thousand UAH/t, it is possible to obtain a level of profitability no lower than when producing rapeseed or sunflower. The maximum profitability of oilseed flax production can be obtained under the condition of achieving a high yield at the level of 3 t/ha and a favorable price situation at the rate of 22-24 thousand UAH per 1 ton of seeds.

According to the analysis of customs statistics, the average export price of flax seeds for 10 months of 2019 was about UAH 48,000.

A large assortment of varieties, their diversity, high profitability contribute to the rapid spread and annual increase of the cultivated area of this crop. In fig. 3 shows the dynamics of flax cultivation in 2012-2021.



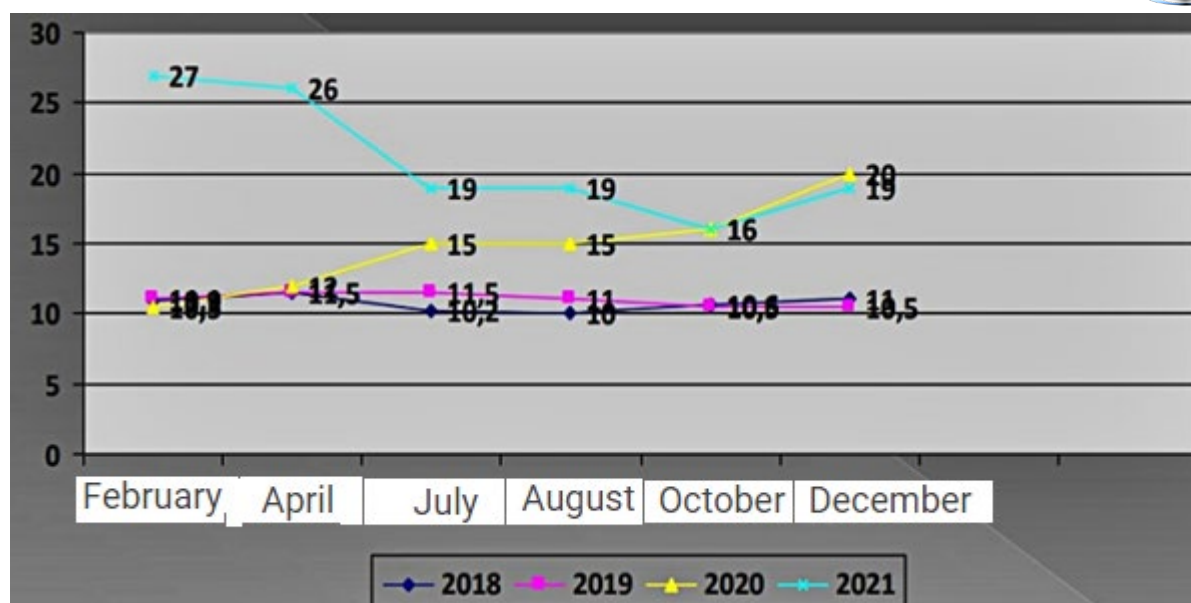
**Figure 3 – Dynamics of oil flax cultivation**

On average, 25,000-35,000 hectares of oilseed flax were sown in Ukraine over the last decade. According to the statistics service, the largest area was recorded in 2015-2016, and the smallest - in 2019-2020.

The graph also shows lower yields, possibly less than 1 t/ha. Although the productivity potential can reach 2-2.5 t/ha. Unfortunately, in 2022 the indicators are lower than in 2021. After all, the southern region is the leader in the cultivation of flax. The formation of the price of linseed oil is influenced by the global dynamics of prices for agricultural products. In recent years, the price of flax seeds on the domestic market has fluctuated between UAH 10,000 and UAH 27,000/ton.

In fig. 4 shows the average prices for commercial linseed oil in the domestic market of Ukraine in 2018-2021.





**Figure 4 – Average prices for marketable linseed oil on the domestic market of Ukraine in 2018-2021**

According to UkrAgroConsult, in the 2022 production season, the highest purchase price of oilseed flax remained at the level of 21-22 thousand UAH. It should be noted that organic flax occupies a separate segment of the agricultural market. Its sale price is 68-70 thousand UAH/t. It should be noted that during the last decade, flax was mainly an export crop. Although from 2018-2021, purchases by domestic processors intensified. Ukrainian farmers sell grown seeds mainly on Internet sites or social networks. The main export directions are potential clients of the EU countries, since this market is relevant for Ukraine not only from the point of view of the economic situation, but also from the point of view of logistics, since it does not depend on the existing sea corridors.

Thus, on the basis of the above, it can be concluded that the advantages of growing oil flax include: firstly, that oil flax is not demanding on natural conditions. Flax is cold-resistant, so it is sown immediately after spring barley. Flax seeds begin to germinate at a soil temperature of 3-5°C, and at 7-8°C they can germinate in 5-7 days. Seedlings withstand short-term frosts up to -3-4°C. Secondly, oil flax loves moisture, but tolerates drought well. The advantage of flax is its drought resistance due to the peculiarities of its root system. This is due to arid climatic conditions. Thirdly, it does not break. The growing season lasts 84-86 days. Seed moisture is not a problem. Although the harvest begins in August, it can be idle until mid-to-late September. At the same time, it does not crumble. Fourth, a small amount of seed material. The standard flax sowing rate is 4.5-5 million seeds/ha, i.e. 30-35 kg/ha. However, some



practicing agrarians said that the rates could be reduced.

The disadvantages of flax cultivation include: firstly, oilseed flax has high requirements for soil fertility. Flax has a higher yield on chernozem, and it is not recommended to sow flax on heavily waterlogged and saline soils. In addition, it is recommended to plant crops mainly on soil with a sufficient content of nutrients. Secondly, linseed is a crop with a small leaf area and cannot compete with weeds. Therefore, special attention should be paid to prevention and control before and after sowing. Thirdly, plant protection methods. Crops are sprayed to protect against pests such as fusarium, anthracnose, rust and flax flea. Affected flax crops are sprayed with herbicides from a tank mixture. Fourth, flax needs fertilizer. Sulfur is added to the soil before planting. Phosphorus and potash fertilizers are applied during the main plowing, and nitrogen fertilizers in the spring. Flax requires compliance with agricultural cultivation techniques. In addition, they will differ for different agro-climatic conditions.

Based on the advantages and disadvantages of growing linseed oil, it can be concluded that linseed is a profitable crop, the cultivation of which costs less than traditional linseed crops. However, you need to develop your own cultivation strategy that will allow you to get high yields. The issue of the sale of seed material remains unresolved. On the one hand, the price of flax is higher, but at the same time it is mainly an export crop. Therefore, traditionally, logistics costs and risks will fall on farmers' wallets and reduce profitability [11].

## **2.2. Use of linseed oil in the food industry**

The consumption of flaxseed and flaxseed oil has become very relevant now. The therapeutic effect of flaxseed is that it contains lignans, which have a wide spectrum of biological activity with antibacterial, antiviral and antifungal effects. Polyunsaturated fatty acids, soluble dietary fibers have an anti-cancer effect, they are called the elixir of youth. In this regard, flax should become a raw material not only for oil and fat products, but also for the production of a wide range of products: bakery, cereal, confectionery, culinary, as well as food additives based on flax processing products. Therefore, the main task of domestic breeders is to create new varieties of flax that would meet the requirements of industry for food purposes, taking into account the need to preserve the functional properties of flax in the process of storage and



processing into food products [1-3, 12].

However, with the growth of export prospects for the sale of linseed, the issue of processing large volumes of stem material of this crop arises. The requirements for food products are increasing - they must not only meet the formed, traditional tastes of consumers, but also belong to the category of healthy food products, not harm the human body, but strengthen it. A new need has arisen in nutrition, in which not only useful, but also ballast substances - food fibers - are recognized as a necessary component of food. In developed countries, the first place is occupied by cardiovascular diseases and oncological diseases. Given the need to prevent such diseases, the food and processing industries implement the task of creating such products that will improve and preserve human health from new sources of biologically valuable food products [4-7, 13].

Distinctive features of flax are the yellow color of the seeds, a thin shell and a low content of linolenic acid. To date, the technology of the flour milling process has been developed, which makes maximum use of the phytochemical potential of the processed raw materials, which involves grinding of grain, which allows obtaining new products of grain processing based on its division of the seed into separate parts: the seed coat, embryo and endosperm as sources of substances. which are used for the prevention of oncological, cardiovascular, gastrointestinal, kidney diseases, diabetes, arthritis and strengthening of immunity. In addition, new varieties of flax are known, containing the fatty acid composition of edible flax close to wheat flour, which provides the possibility of its better storage [14].

The high content of fat in flax flour and bran will allow to enrich wheat flour with fatty acids and obtain new products with increased nutritional, biological and medicinal properties. The greatest advantage of bread with the addition of flax flour and flax bran should be considered its consumer properties, namely taste and smell. Such linseed must comply with safety in accordance with established regulatory documents. A balanced and nutritious diet is absolutely necessary for the full development and life of a person. However, with the development of the chemical industry, the nutritional value and quality of many food products cause not only great doubts, but also the loss of their usefulness. One of the modern trends in the food industry is the introduction of new zero-waste technologies. This implies an increase in the degree of processing of agricultural raw materials with a more complete extraction of useful components from it, and the problem of developing the technology and formulation of enriched food products follows from this. Thus, the use of new processing technologies of flax seeds



allows to isolate from them such biologically active compounds as sterols, squalene, vitamin E and a number of other compounds, and to create on their basis new groups of domestic biologically active drugs, including drugs for medical and medical-hygienic purposes. According to experts' calculations, the value of biologically active substances from flax can reach 80,000 USD per 1 ton of processed flax raw material [15-20].

As for the dairy industry, new technological processes are aimed at the full use of all constituent parts of milk, its complex processing into various food and feed products and semi-finished products. Enterprises are creating specialized workshops and sections for the processing of by-product milk. Complexes of equipment and technological lines for the processing of skimmed milk, whey and milk whey using traditional and new processing methods are being developed.

In the last decade, there has been a clear tendency to increase the production and consumption of low-fat dairy products, in the production of which by-products are widely used. A diverse assortment of drinks and semi-finished products, desserts, puddings, ice cream, and jelly products is produced from skimmed milk, whey, and whey. Flaxseed is currently very popular as a food supplement. Bakery products with the addition of flaxseed acquire both a delicate taste due to the large amount of fat and an attractive-looking crust. Studies have shown that consuming bread enriched with flax seeds for four weeks reduces cholesterol by 7-9%. The possibility of using flax flour for the preparation of gluten-free confectionery has also been proven [20-24]. Proteins and glutinous substances of flaxseed are used in such food products as ice cream, powder sauces and soups.

Flaxseed oil has a unique composition of fatty acids, which is expressed in a high level of polyunsaturated essential fatty acids (PUFA), which are so important for the healthy functioning of the human body. Doctors in Western countries advise patients to add 1-2 teaspoons of linseed oil to their diet to prevent any cardiovascular diseases and alleviate the course of diabetes. It has been established that linseed oil improves the adaptation of newborns, stimulates lactation in women, increases immunity in children with lung diseases, and shortens the duration of treatment for peptic ulcer disease. An improvement in the composition of the blood due to a decrease in the total level of cholesterol was revealed [25].

Margarine, as you know, is a food fat made from a mixture of vegetable oils and animal fats, milk and some other components. Until recently, margarine was made using liquid refined and deodorized vegetable oils. Sunflower, soybean, cottonseed,



sesame and coconut oil were used in most cases. The production of margarine and other soft oils with a reduced content of animal fats has become widespread in connection with the desire to limit cholesterol-forming foods, which include animal fats, in the diet. After discovering the medical and biological benefits of linseed oil, the margarine industry, primarily in Canada and the USA, switched to using linseed oil.

After pressing the oil from the linseed, a cake remains. The level of protein in it increases in proportion to the amount of oil obtained and varies from 25 to 54%. Previously, cake was used only for fodder purposes. Recently, technologies for the production of food products: flour and proteins from flax products are developing rapidly. From flax seeds, you can get up to 70% of complete proteins in the form of complexes from their entire quantity, including more than 20% of pure protein. Currently, there is a food-grade semi-defatted flaxseed flour on the market. It is suitable for use in the food industry in the production of bakery, confectionery and food concentrates, for the enrichment of products with protein, dietary fibers and polyunsaturated fatty acids [26, 27].

Due to the need to use natural emulsifiers and stabilizers, today flax flour is used as a structure-forming natural component of natural origin in the production of mayonnaise. The introduction of flax flour into mayonnaise compositions makes it possible to influence the formation and stabilization mechanisms of oil-fat emulsions, change their viscosity, and increase resistance to thermal oxidation.

Thanks to the structure-forming properties of semi-defatted flax flour, a whey-based dessert product with a jelly-like, loose consistency has been developed. As a result of the calculations, it was established that the energy value of the mixture of milk whey and flax flour is low and amounts to 32.45 Kcal per 100 g, and the biological value is quite high, since the mixture is rich in essential amino acids. . In addition to flour and whey, mixed in a ratio of 1:7, citric acid and cherry syrup were added to the product to give the dessert a delicate taste and a pleasant shade. The product contributes to the full functioning of the gastrointestinal tract, ridding the body of toxins, parasites and lipids.

The main problem in processing flaxseed to extract the protein component is that the seed coat contains polysaccharides that bind the protein molecules during extraction, making it difficult to precipitate and purify the protein during its extraction. In flax seeds, the shell is firmly attached to the core, and its removal by traditional grinding methods is impossible, so flax is processed without separating the shell. In this regard, a technology was developed, which includes preliminary washing of flax



seeds with the help of a vibrating extractor. This makes it possible to obtain polysaccharides from the seed coat, as well as to obtain a new product - flax seed mucilage [28]. In connection with the appearance of a new by-product of flaxseed processing, a fermented milk product based on skimmed milk with the addition of flaxseed mucilage was developed. Thermophilic streptococcus, which has a beneficial effect on human microflora, is able to synthesize and release polysaccharides into the environment during fermentation, which make dairy products denser and slow down their delamination. With long-term systematic intake, the developed product can lead to a decrease in the activity of inflammation of the gastric mucosa. It is also possible to use it, both in the treatment of exacerbation of chronic gastritis, and for the prevention of relapses of the disease, thanks to the content of medicinal flax seed mucus in it [1, 20-24].

Based on the analysis of the nutritional value of linseed oil, it can be concluded that it is a valuable industrial raw material with a high content of phytochemical properties, which allows to increase the biological value of food products. Therefore, today's urgent task is to create functional products from natural raw materials, safe for humans, which should be affordable, nutritious and useful.

In fig. 5 shows examples of the use of linseed oil in the food industry.

Analyzing fig. 8 and the above material, it can be concluded that linseed oil is widely used in the food industry, the main reason being the healing properties of the seeds and its processing products. In Ukraine and on the world market, the number of technologies and recipes based on the use of linseed is increasing every year. Therefore, the further implementation and development of recipes for the production of food products of a wide range of applications will be relevant, taking into account the need to develop functional recipes [1, 20, 25].

In addition, linseed oil is widely used in cosmetology. In fig. 6 shows examples of the use of linseed oil in cosmetology.

The unique properties of flax are related to its chemical composition. The high content of essential oil, omega polyunsaturated acids, vitamins F, A, B, E allows flax seeds to actively influence the human body and restore its normal functioning. Saturated organic acids, vegetable mucus, enzymes and phytoestrogens provide an additional strengthening and health-improving effect.



**Figure 5 – Use of linseed oil in the food industry**

The main field of application of linseed abroad, in addition to the use of seeds, is the reinforcement of composite polymer materials with linseed fiber. Reinforcement of composite materials can be carried out by oriented or non-oriented fiber and non-woven materials obtained from it, yarn or even fabric. Composite materials reinforced with plant fibers are most widely used in the automotive industry. In this case, various natural fibers can be used to reinforce structural polymer materials: flax, hemp, jute, sisal, coconut. In countries with a developed automobile industry, these materials are usually imported [1-4, 29, 30].



**Figure 6 – Use of linseed oil in cosmetology**

Cars are increasingly using strong, corrosion-resistant, lightweight polymer composites. In modern cars, they are more than 10% by weight and their content is constantly increasing. Recently, there has been a trend towards an increase in the share of technical textile goods on the market of Ukraine. However, this growth is ensured not by a significant increase in the volume of domestic production, but by imports [2, 3, 29, 30].

The main products of the European Union are food and feed products from hemp and flax, namely the seeds obtained from them for the manufacture of pharmaceuticals. Oil is usually made from linseed for medicinal purposes, it is a more concentrated and effective remedy, but it is much easier to make a paste or infusion from it at home. To do this, the powdered seeds are mixed with warm water in different proportions (more water for infusion, less for paste). Adding seeds to your diet is an easy way to increase your fiber intake. For example, 20 g of chia seeds contain 6.8 g of fiber, flax - 5.4 g,



and pumpkin seeds - 1.3 g.

In fig. 7 shows examples of the use of linseed oil for the production of pharmaceutical preparations.

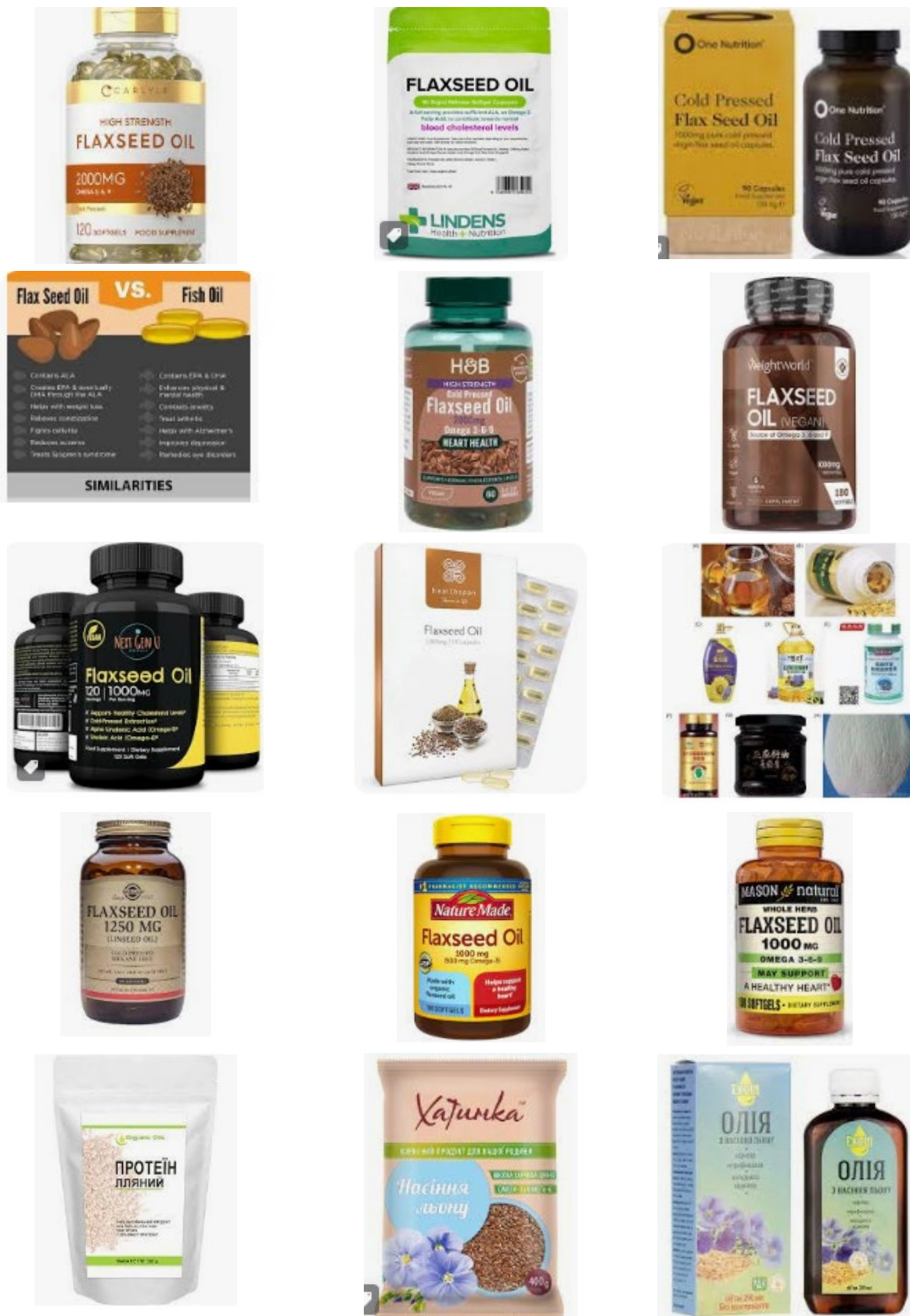


Figure 7 – Use of linseed oil for the production of pharmaceuticals



In Ukraine, linseed is exported as sowing material and as raw material for use in Europe for the food and cosmetic industry. The main part falls precisely on raw materials for industrial processing. In 2018–2019, the number of organic products increased: in 2018, such seeds made up 6% of the total mass of supplies, and in 2019, they accounted for 14% [5-9]. However, until now in Ukraine there are no studies of the quality indicators of this product and regulatory documentation for their determination. As a rule, the quality of "superfoods" is evaluated according to the technical conditions developed by the manufacturer himself.

In domestic publications, there is a complete lack of information about state regulatory documents, according to which it is possible to evaluate the quality and consumer characteristics of functional products made from linseed oil. Unfortunately, the existing legislative and regulatory framework of foreign manufacturers is not available to us.

## **Conclusions**

Thus, on the basis of the conducted analysis of the use of linseed oil, it can be concluded that the area of use in the food industry is difficult to overestimate in connection with the discovery of new properties of the seed. Therefore, from the point of view of ecological safety and balanced use of nature in agro-industrial production, innovative ways of using linseed oil will allow to fill the market of Ukraine with domestic ecologically safe food products, which have tendencies for wide implementation in all spheres of modern production of the food industry, aimed at the production of innovative food products of various functional purposes.

Based on the analysis of the nutritional value of linseed oil and seeds, it can be concluded that it is a valuable industrial raw material with a high content of phytochemical properties, which allows to increase the biological value of food products. Therefore, the urgent task today is to create functional products from natural raw materials that are safe for humans and should be affordable, nutritious and useful. Linseed oil is one of the natural raw materials that has great potential in the production of food products of a wide range of applications. As mentioned above, the possibility of growing flax for seed and oil will provide consumers with fiber products and vegetable fats.

The analysis of literary sources allows us to conclude that the number of



innovative technologies known today that affect the quality of the products is constantly increasing, and the methods of determining the quality of new products are insufficient. However, for the development of the flax industry, it is necessary not only to harmonize the existing regulatory framework, but also to study additional consumer properties taking into account their impact on the human body, namely hygienic, antiseptic, biological properties, as well as energy and therapeutic value. Since, in the future, these products will be used not only within the country, but also on the European market.

**KAPITEL 3 / CHAPTER 3<sup>3</sup>****RESEARCH OF MECHANISMS OF DESTRUCTION AND PROTECTION  
COMPLEX THERMODYNAMIC SYSTEMS****DOI: 10.30890/2709-2313.2023-23-01-015****Introduction**

An extremely important property of technical objects is the ability to perform specified functions, to maintain the values of all operational indicators during operation and within certain limits, which ensure the performance of the required functions under specified load conditions. When designing technical facilities, much attention is paid to their reliability, but failures are not always avoidable [1-8]. They lead to huge losses of money, effort, and time, and sometimes to human casualties. Therefore, the problem of creating reliable technical facilities and their systems is relevant. This can be explained by the complexity of technical facilities, special operating conditions, thermal and thermomechanical loads, and the increasing complexity of tasks.

Currently, when creating and improving technical facilities, a reasonable combination of calculation and organizational and technical methods is used to study the mechanisms of destruction and ensure the reliability of systems. Calculation methods are used to select the most acceptable technical solutions for the created systems and products in terms of reliability. However, it is not so easy to ensure the calculated values of reliability and service life indicators when implementing a project in real structures and systems of technical facilities. For this purpose, a special set of methods and means of protection of technical systems and products is used, which allows to realize the design characteristics and minimize the probability of failures with severe consequences. The successful use of basic and protective materials primarily depends on how well the behavior and properties of materials under various thermodynamic conditions are studied. Reproducing such conditions is usually a very complex technical task that requires significant costs.

---

<sup>3</sup>*Authors: Lobunko Oleksandr, Iskra Oleksandr, Lobunko Dmitriy*



### 3.1. General provisions, terms and definitions

A thermodynamic system is a set of material bodies that are in energetic interaction.

The **fracture mechanism** is a schematic model of the behavior of a heat-shielding coating in a high-temperature and high-speed gas flow, indicating the number and type of the most important physical and chemical processes that accompany the removal of the coating mass [4]. The destruction mechanism is necessary for calculating and comparing the characteristics of heat-shielding coatings under different conditions. Five conditional mechanisms are distinguished: evaporation, melting, and mass removal under thermal, thermo-erosion, and oxidizing effects of a gas flow.

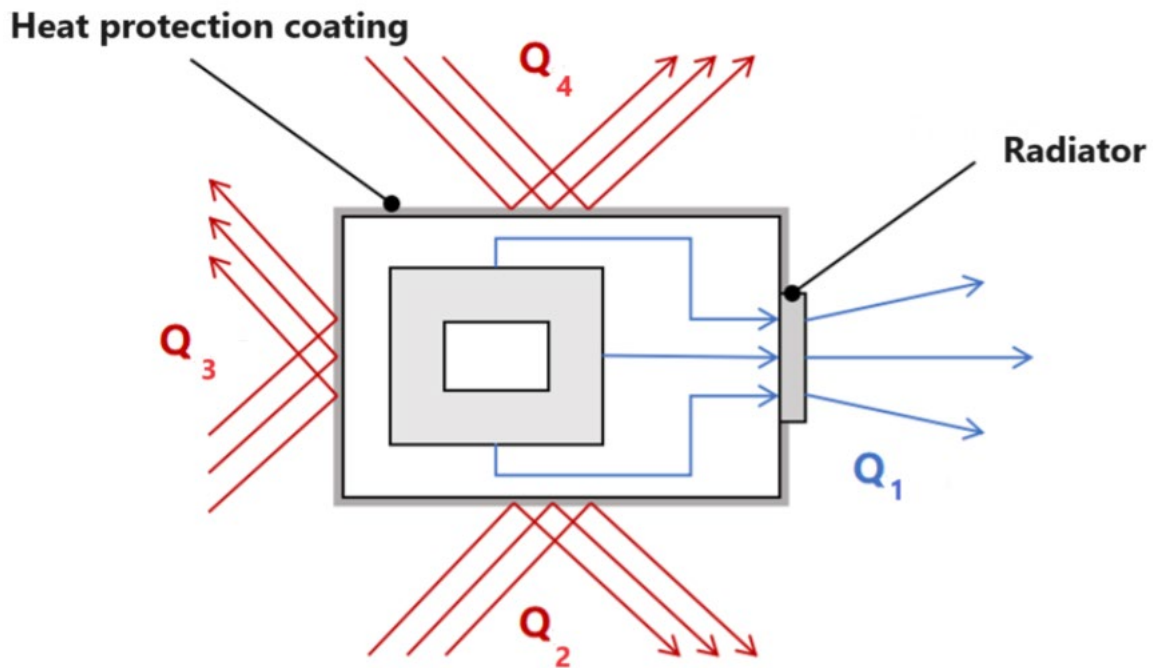
Thermal destruction means the removal of mass under purely thermal influence. An example of such impact is radiant (radiation heating). Thermoerosion destruction means the removal of mass under the thermal and gas-dynamic influence of the incoming gas flow (friction stress on the surface). All three mechanisms are characteristic of material surface destruction in an air or carbon dioxide stream: thermal, thermo-erosion, and oxidation. The identification of these five mechanisms of material destruction in a high-temperature gas stream is arbitrary, but this approach facilitates the analysis of the processes of heating and mass removal of heat-shielding materials.

**Thermal protection** is a certain way of blocking or reducing the flow of heat from the environment to the body surface (Figure 1). Among the six known principles of heat removal or absorption from the outer surface of a body, the widest range of practical applications is provided by those based on the use of blowing effects and physical and chemical transformations.

The mass transfer rate is the main characteristic of the process of destruction of heat-protective coatings in a high-temperature gas flow, equal to the product of the density of the coating material and the speed of linear movement of its outer surface.

The ratio of the mass transfer rate to the heat transfer coefficient on an impermeable surface, called the dimensionless mass transfer (destruction) rate, is a convenient parameter for presenting results for chemically active heat shielding materials.

Ablation is the process of material destruction when exposed to an external heating source.



**Figure 1 – Model of heat flows and thermal protection systems**

Kinetic mode of destruction is a mode of surface destruction of heat-protective coatings exposed to convective or radiation heat, the rate of which is mainly determined by the kinetics of the reaction between the coating substance and chemically active components of the gas stream. A characteristic feature of this mode of destruction is a strong (exponential) dependence of the mass transfer rate on temperature. In contrast to the sublimation mode, the destruction rate here depends significantly on the content of chemically active components in the flow.

**Fracture temperature** is the temperature of the onset of surface destruction of a given heat-shielding coating in a certain range of external environmental parameters (not necessarily accompanied by mass removal, for example, surface melting). In a broad sense, this is any value of the surface temperature of the destructive heat shielding coating.

### 3.2. Methods of protecting technical systems

There are six main methods of heat removal (absorption): thermal conductivity using the heat capacity of condensed substances, convection, mass transfer, radiation, electromagnetic fields, and physical and chemical transformations. In practice, two or more of these methods are often used simultaneously. Each of these methods or a



combination of them can be implemented in the form of different methods of thermal protection, depending on the specific design.

1) *Absorption and accumulation of heat by condensed matter.* Heat-saving systems are low-temperature systems, as they operate at temperatures below the melting point of the heat-absorbing material. Heat is removed from the surface by thermal conductivity in accordance with Fourier's law. The maximum amount of heat that can be absorbed by such a system is released

$$q_0 = -\lambda \frac{dT}{dn} \quad Q = \int_{T_0}^{T_p} c \cdot dT$$

2) *Convective cooling.* Heat is transferred from the wall heated by a hot gas flow to the coolant or gas. The temperature difference of the wall at a given thickness  $\delta$  is given by the formula

$$T_{W1} - T_{W2} = q \cdot \frac{\delta}{\lambda}$$

The heat flux density  $q$  under steady-state conditions is determined by the coolant flow rate  $m$ , its heat capacity  $c$ , and the temperature difference  $T_{W2} - T_0$ :

$$q \cdot S = cm(T_{W2} - T_0),$$

where  $S$  is the heat transfer surface area.

Depending on the method of heat dissipation into the surrounding space, convective cooling systems are divided into closed and open systems. A mandatory element of a closed cooling system is a heat exchanger, in which the cooler that has received heat from the hot wall dissipates it into the environment or transfers it to another coolant.

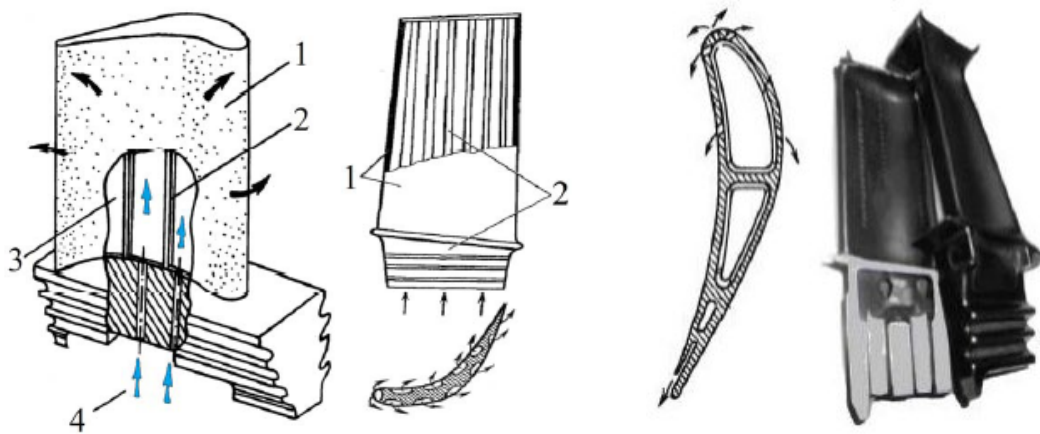
3) *Mass transfer cooling principle.* This cooling principle can be implemented in the form of *porous* (Figure 2), *film*, or *barrier* cooling. When cold gas or liquid is introduced directly into the wall layer of the counterflow, the thickness of this layer increases, the hot gas is repelled from the protected surface, resulting in a decrease in the intensity of heat transfer on the surface.

The advantages of this method of protection over others are, firstly, the preservation of the external shape of the protected surface, and secondly, the ability to maintain the surface temperature at the desired level by adjusting the cooler flow accordingly.

Consider **film cooling**. Hot gas moves along a wall that is covered with a film of coolant that enters through one or more slots or holes located at a certain distance from



each other along the surface. The surface temperature of the body will not exceed the boiling point of the liquid as long as there is a film on the surface.



**Figure 2 – Gas turbine blades with porous (left) and convective film (right) cooling (1 - porous shell; 2 - bearing rods; 3 - air cavities; 4 - air supply channels)**

In barrier cooling, the protected wall is insulated from the hot gas flow by a layer of cold gas that is fed to the surface through slots or holes.

**Porous cooling** is a very effective method of thermal protection. One of its advantages is that the coolant is delivered through the surface. Passing through the pores, the coolant takes heat from the wall, and when it reaches the surface, it reduces the intensity of heat transfer between the hot gas and the wall, affecting the boundary layer. The cooler can be gas or liquid. Gases are generally preferred due to their higher operating temperatures and lower pressure drop as they flow through the pores. In terms of coolant consumption per unit of protected surface, porous cooling is more efficient than the other methods already discussed. However, the use of porous cooling requires the manufacture of porous walls using a rather complex technology. In addition, when operating such a system, it is necessary to take measures to clean the cooler to avoid clogging of the pores.

4) *Radiation cooling*. The heated surface of a body becomes a source of thermal radiation, dissipating the thermal energy that comes to it into the surrounding space. The radiation flux density  $q$  of a surface with temperature  $T$  and blackness  $\varepsilon$  is characterized by the Stefan-Boltzmann law:

$$q = \varepsilon \sigma T^4,$$

where  $\sigma$  — is Stefan-Boltzmann constant, which is approximately equal to  $5,67 \cdot 10^{-8} \frac{Wt}{m^2K}$ .





The capabilities of a radiation cooling system are limited by the level of permissible surface temperatures. The radiation cooling method is based on the idea of equality of the heat flux supplied to the surface from the outside and the heat flux dissipated by this surface through radiation. The surface temperature  $T$ , assuming that the heat transfer inside the coating is equal to zero K, is determined by the equation:

$$T_w = \sqrt[4]{q / \varepsilon \sigma}.$$

Obviously, with this method of cooling  $q \leq \varepsilon \sigma T_p^4$ . Refractory metals, such as molybdenum, tungsten, etc., are used as structural materials for the radiation cooling system.

5) *Electromagnetic heat transfer control.* To regulate the temperature of the external surface, methods of electrical or magnetic influence on the plasma flowing around the surface to be protected can be used. The magnetohydrodynamic method requires the creation of a force field in the ionized plasma flowing around the body. The magnetic field, acting on a layer of compressed gas, which includes, in addition to neutral molecules and atoms, electrically charged ions and electrons, increases the distance between the shock wave and the body surface, which leads to a thickening of the boundary layer and, consequently, to a decrease in velocity and temperature gradients.

The thermoelectric method of absorbing heat by converting it into electrical energy can also be used.

6) *Cooling of bodies due to physical and chemical transformations on their surface.* It is well known that any phase transformation is accompanied by a significant thermal effect. In metals, melting results in a partial weakening of interatomic bonds, and during evaporation, all the bonds of the crystal lattice are broken and the atoms become almost independent of each other, so the thermal effect of evaporation is much higher (10-20 times) than the thermal effect of melting. If a film with a very low melt viscosity is formed during melting, it can be blown off the surface almost instantly by an oncoming gas flow. Therefore, it is important not only to select a substance with a high thermal evaporation effect, but also to ensure that this effect is always realized when the surface is destroyed. Therefore, ablative thermal protection systems are designed as combined systems that meet the following conditions:

- 1) absorb a large amount of heat during physical and chemical transformations;
- 2) have a high value of volumetric heat capacity  $c_V$ ;
- 3) if possible, have high erosion resistance to ensure a small mechanical mass



loss;

4) if possible, have a high temperature of the destroyed surface and a high value of its degree of blackness ( $\epsilon$ );

5) form gaseous products with a low molecular weight during destruction to effectively reduce convective heat flow;

6) the melt film, if formed, must be sufficiently viscous.

To conclude the review of thermal protection methods, we can make some qualitative generalizations:

– heat storage systems have limitations both in terms of the total amount of heat released and the maximum specific heat flux due to the limited thermal conductivity of materials.

– radiation cooling systems are limited in terms of maximum specific heat flux, but in practice can operate at any total heat supply.

– for aerospace systems with a descent time of less than 10 minutes, *ablative heat shielding materials have an absolute advantage* over other possible methods in terms of weight efficiency.

– for very long, and therefore less strenuous, thermal descents in the atmosphere, mass transfer comes first, followed by a radiation thermal protection system. This is because an increase in the time of descent in the atmosphere, without reducing the total amount of heat, proportionally reduces the density of the heat flux supplied. The equilibrium temperature is reduced to such an extent that the radiation cooling system can fully cope with the task of dissipating the energy supplied to the surface of the descent object without complex additional measures.

### 3.3. Separate means of ensuring thermal conditions

Let us consider in more detail examples of elements of thermal management systems for complex technical facilities: screen-vacuum thermal insulation, heat pipes and radiation-optical coatings, which, however, are subject to changes in their characteristics under the influence of environmental factors.

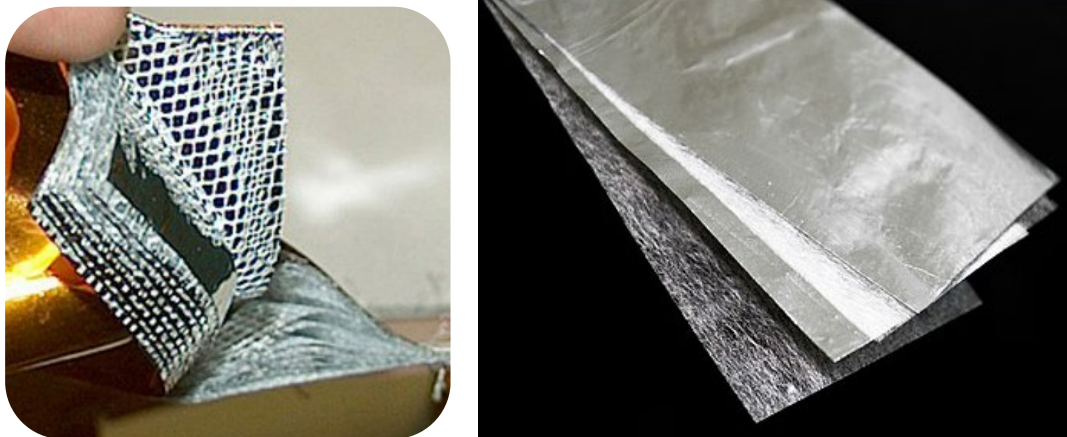
#### 3.3.1. Screen and vacuum thermal insulation

The impact of external heat exchange on the internal thermal conditions of technical facilities can be significantly reduced, and in some cases reduced to an



insignificant level, if special thermal insulation is used (Figure 3).

The element of such thermal insulation is a package assembled from opaque screens and cushioning material, which largely prevents the screens from contacting and thereby reduces conductive heat transfer. Depending on the operating conditions, the screens are made of polymer film materials or metal foil. Shields made of polymeric materials are used when their temperature does not exceed 150°C.



**Figure 3 – Layers of screen-vacuum thermal insulation in a section**

At higher temperatures, the screens are made of metal foil: aluminum foil if the temperature does not exceed 500°C, and nickel foil if the temperature does not exceed 1000°C. The thickness of the screens is sometimes 5 microns and sometimes 10 microns. In an uncompressed, pumped package, heat transfer through the insulation is mainly due to radiation heat transfer between the screens. To evaluate the thermal insulation properties of the screen-vacuum insulation, we assume that the thermal conductivity of the residual gas and the heat transfer by conduction through the contact points of the screens are negligible compared to the heat transfer due to radiation heat exchange between the screens. In addition, let's assume that the **degree of blackness of the screens**  $\varepsilon$  is the same on both sides and does not depend on temperature. In this case, in the steady-state mode, the density of the resulting **heat flux**  $q_0$  through the  $n$  package of screen-vacuum insulation is determined by the following expression:

$$q_0 = \frac{q_W - \varepsilon_W \sigma T_0^4}{\frac{\varepsilon_W}{\varepsilon_N} (n-1) + 1},$$

where  $q_W$  – is the density of heat flux absorbed by the outer surface of the screen-vacuum insulation package;

$\varepsilon_W$  and  $\varepsilon_N$  – are, respectively, the degree of blackness of the outer surface and the



reduced degree of blackness, with  $\varepsilon_N = \frac{1}{\frac{2}{\varepsilon} - 1}$ ;

$T_0$  – is the temperature of the last internal shield - a fixed temperature equal to, for example, the internal temperature of the compartment (object of protection).

In engineering practice, the thermal insulation properties of insulation are evaluated by the value of the **resistivity**  $R$ .

It is the value of  $R$  that is used in the study of the thermal regime of an object whose thermal regime is ensured by insulation. In this case, the value of the heat flux  $q_0$  is determined by equation:

$$q_0 = \frac{T_W - T_0}{R}$$

Since  $T_W^4 = \frac{q_W - q_0}{\varepsilon_W \sigma}$ , using the first expression above for  $q_0$ , we obtain the following expression for estimating the value of  $R$ :

$$R = \frac{n-1}{\varepsilon_N \sigma (T_W^2 + T_0^2) \cdot (T_W + T_0)}$$

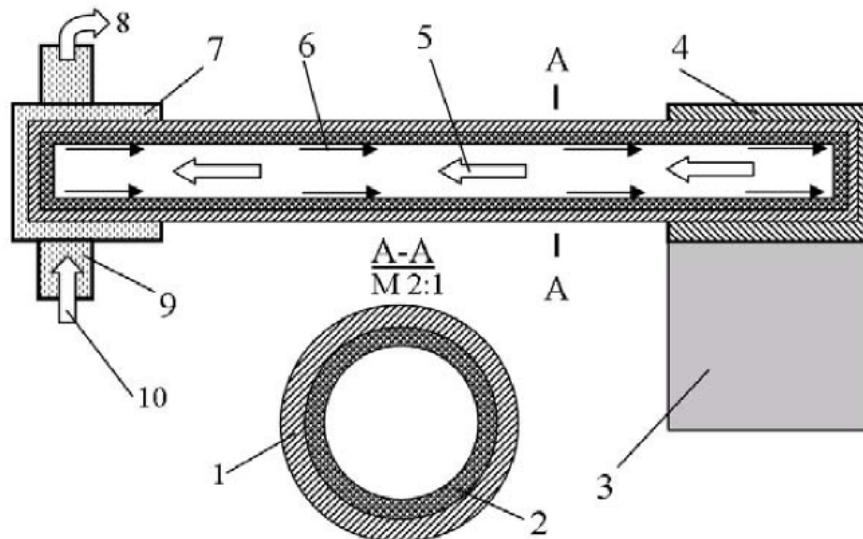
Of interest are the results of comparing the thermal insulation properties of insulation with those of conventional thermal insulation materials, the thermal conductivity of which is usually characterized by the thermal conductivity coefficient  $\lambda$ .

The relationship between  $\lambda$  and  $R$  can be established using the thickness of the insulation  $\delta$ . After all, on the one hand  $q_0 = \frac{\lambda}{\delta} (T_W - T_0)$ , and on the other  $q_0 = \frac{T_W - T_0}{R}$ .

$\lambda = \delta / R$  By isolating parts of the object of protection with screen-vacuum insulation, it is possible to reduce the impact of external heat transfer on the internal thermal state of these compartments and elements to a small, and in many cases negligible, value.

### 3.3.2. Heat pipes

Another important element of the thermal management system for technical facilities is heat pipes (Figure 4), which are devices with very high thermal conductivity. The heat flow from the device (3) is transferred through the structural element (4) to one of the ends of the heat pipe (1). The refrigerant in the closed space of the heat pipe heats up and turns into a gaseous state, taking away the heat necessary for vaporization. The vaporized refrigerant flows to the other end of the heat pipe (this flow is shown by the light wide arrows).



**Figure 4 – Diagram of the heat pipe**

The temperature of the second end of the heat pipe is lower, so the vaporized refrigerant condenses, releasing the latent heat of vaporization to the structural elements of the second end of the pipe. The refrigerant returns in a liquid state through the capillaries or porous walls of the heat pipe (2). The heat flux is removed from the structural elements of the second end of the heat pipe by a heat sink or cooling liquid (element 7). The heat is then discharged into the surrounding space either directly from the heat sink element (7), if it is located on the outer surface of the object, or by means of a liquid cooling circuit (if it is in the thermal management system) and a radiator-cooler.

In addition to high effective thermal conductivity, the heat pipe is characterized by an isothermal surface with low thermal resistance. In this case, the condensing surface of the heat pipe operates at an almost constant temperature. If localized heat runoff occurs in a certain territory/area, the amount of steam condensation in this place increases and thus the temperature is maintained at the same level. Improved pipe performance is achieved through the use of a feedback loop. The gas pressure in the tank is changed by an electric heater, which is regulated by a signal from a sensor installed at the heat source.

### **3.3.3. Radiation-optical coatings**

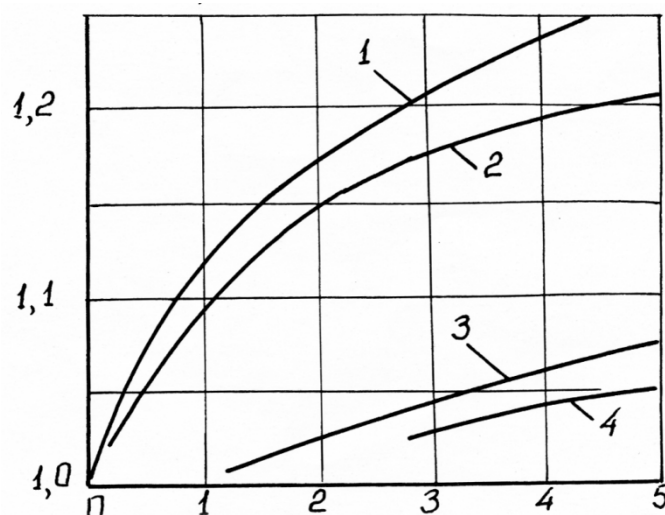
The use of heat-insulating materials, coatings, and surface treatments to obtain certain radiation-optical characteristics allows, first of all, to reduce and limit the limits



of changes in loads on the system, which, of course, makes it possible to simplify the system and improve its mass and energy performance. The use of materials and coatings as passive regulators of the intensity of external heat transfer is associated with one unfavorable circumstance: many materials, when exposed to short-wave electromagnetic and particle radiation from the Sun, change their radiation-optical characteristics over time, i.e., *absorption, reflectivity, transmission, and emissivity*. Changes in these characteristics are the result of so-called **radiation damage** to materials, which occurs mainly due to ionization, electronic excitations, displacement of substance atoms, dissociation of chemical bonds in molecules during absorption of high-energy photons and interaction with high-energy charged particles.

**Materials degradation** creates difficulties in solving the problem of ensuring the thermal regime of aerospace systems, especially in connection with the increase in the  $A_S$  coefficient of white coatings applied to surfaces exposed to solar radiation to reduce their temperature level.

The degradation of coating properties worsens the performance of radiant refrigerators used in active temperature control systems and increases the overall temperature level when using passive thermal management systems. Some idea of the nature of  $A_S$  change in time for several known thermostatic coatings and materials in operation can be obtained from the consideration of Figure 5. Figure 5 shows the dependence of the ratio  $A_S(\tau) / A_S(0)$  on the time  $\tau$  (months) of exposure to solar radiation of the experimental samples of coatings.



**Figure 5 – Changes in space over time of the absorption capacity of some coatings in relation to solar radiation**

*1 - white enamel, 2 - polished aluminum, 3 - paint based on aluminum powder (pigment) and silicone binder, 4 - black paint.*



### 3.4. Investigation of fracture mechanisms

#### 3.4.1. Mechanisms of destruction of thermal protection materials

The principle of operation of ablative thermal protection systems is characterized by the loss of the surface layer or decomposition of one of the material components in order to maintain a favorable thermal regime of the internal layers and the protected structure itself. The destruction of the surface layer occurs as a result of various physical and chemical transformations under the influence of convective and radiation heat flows coming to the surface, diffusion flows of chemically active components, as well as under the influence of pressure and friction forces.

Chemical reactions can occur both with the participation of counterflow components and independently of them. In addition, erosion can occur on the surface of the heat shielding coating under the influence of internal pressure or external forces, as well as as a result of thermal stresses - mechanical removal in the form of individual particles.



**Figure 6 – Thermal ablation protection of the Apollo command module capsule after return**

The use of ablative thermal protection systems has significant advantages over other methods of thermal protection. The main one is the self-regulation of the process, i.e., a change in the mass flow rate of the coating material when the thermal load changes. Fracture processes are accompanied by phase and chemical transformations, as well as injection of fracture products into the oncoming flow, which leads to a decrease in the temperature gradient across the boundary layer and, consequently, to a decrease in the heat flow to the wall. The most common ablative heat shielding materials are usually composite compounds, and their individual components have



different thermochemical resistance under given external flow conditions.

However, in the process of destruction of the composite material, not individual failure rates for each component are realized, but a **certain total indicator**, determined mainly by some one component, the mass content of which in the material is large enough or it is able to form a mechanically strong frame that has the best ability among other components to withstand the aerodynamic effects of high-temperature gas flow. The role of other components of the composite material is not limited to that of a thermal ballast, but through chemical and physical interaction with the defining component, they affect the weight transfer of the latter. Gasified substances formed during the destruction of the thermal protection coating, getting into the boundary layer, have a chemical and physical effect on it. In many cases, chemical reactions occur with the release of heat, which worsens the heat balance in the surface layer. However, the formation of large masses of gaseous products as a result of these reactions ultimately neutralizes this undesirable effect, as it leads to an increased blowing effect. Graphite is very popular as a heat shielding material. Its fracture mechanism differs from the discussed fracture mechanism of composite materials. The difference is primarily due to the fact that graphite does not form a melt under moderate pressure. On the surface of graphite, not only sublimation can occur, but also a number of chemical reactions, the thermal effect of which differs from the heat of sublimation. The destruction of graphite begins long before the sublimation temperature is reached. This is due to the high reactivity of graphite in many gaseous media, especially in oxygen and air. At surface temperatures of up to 1100 K in air, graphite fracture is usually entirely determined by reaction kinetics, i.e., the fracture rate varies exponentially with surface temperature. After a small transitional section, a region begins where the destruction process is limited by the rate of counter-diffusion of the oxidizer and destruction products in the multicomponent boundary layer. At the same time, the rate of destruction is weakly dependent on the surface temperature, which can vary from 1200-1600 to 2400-3800 K, depending on the pressure. It is only at higher temperatures that the actual sublimation process, which depends on the pressure in the boundary layer, begins to play an increasingly important role in the removal of the graphite mass. The mass entrainment rate increases exponentially with increasing wall temperature. As for the thermal effect of fracture, at low surface temperatures it is not only very different from the heat of sublimation (in the case of oxidation, it can even become negative), but also significantly depends on the composition of the gas in the boundary layer.





### 3.4.2. Effective enthalpy of destruction

Due to the complexity and diversity of the destruction mechanisms of thermal protection materials, the question of criteria for comparing thermal protection materials is becoming very relevant. A clear characteristic for comparing different thermal protection materials is the so-called **effective enthalpy of destruction**:

$$I_{EFF} = \frac{q - \varepsilon \sigma T_W^4}{G_\Sigma},$$

where  $q = \left(\frac{\alpha}{c_P}\right) \cdot (I_\delta - I_W)$  ;

$G_\Sigma$  – is the mass flow rate per unit surface area.

The effective enthalpy  $I_{EFF}$  determines the amount of heat that can be "blocked" by the destruction of a unit mass of a coating whose surface has a temperature of  $T_W$  as a result of all physical and chemical processes accompanying this destruction. In other words, this is a characteristic of the energy intensity of mass removal from the surface of ablative heat-protective coatings, which includes not only the amount of heat absorbed during heating, thermal and phase transformations of a unit mass of material, but also the thermal effect of blocking the convective heat flow supplied when gaseous destruction products are injected into the boundary layer. The effective enthalpy  $I_{EFF}$  is an indicative characteristic for comparing different heat shielding materials. The higher the effective enthalpy of a material, the better it is. Attention should be paid to the known independence from geometric dimensions. After all, unlike the heat flux, the value of which, given the parameters of the incident gas flow ( $p_\delta$  i  $I_\delta$ ) is inversely proportional to  $\sqrt{R}$ , where  $R$  — is the size of the body, the effective enthalpy clearly does not depend on either the shape or size of the body. This makes it possible to use it as a parameter to comply with the conditions of bench-scale experimental studies of a full-scale destruction situation. If we denote by  $\gamma$  the parameter characterizing the ability of the coolant to reduce the heat flux, which is commonly called the injection coefficient, and by  $G_W$  the mass of gaseous decomposition products with a thermal effect of  $\Delta Q_W$ , then the expression for the effective enthalpy can be written as

$$I_{EFF} = \bar{c}(T_W - T_0) + \Gamma(\Delta Q_W + \gamma(I_\delta - I_W)),$$

where  $\Gamma = \frac{G_W}{G_\Sigma}$  .

It should be noted that the coefficient  $\gamma$  depends on the ratio of the molecular weights of the injected products and the incident gas flow, but it is primarily a function



of the flow regime in the boundary layer. In engineering practice, it is assumed to be approximately 0.6 for laminar and 0.2 for turbulent boundary layers. From the definition of the effective enthalpy and the above expression for it, it follows that in all cases when  $\Gamma \neq 0$ , it should increase significantly with the growth of the enthalpy of the retarded flow. The parameters of the counterflow can also be influenced by changes in the temperature  $T_w$  of the fractured surface, the fraction of removal in the gaseous form (parameter  $\Gamma$ ) and the total thermal effect of surface processes ( $\Delta Q_w$ ).

### 3.4.3. Failure mechanisms of heat engine components

The working conditions of structural materials of heat engines are characterized by a variety of operational factors, which primarily include high levels of stresses and temperatures, their cyclicity and duration, and the presence of a chemically active working environment. In the course of the study of heat engines after operational operation, the presence of damage of various nature, *namely cracks of mechanical and thermal fatigue, irreversible ultimate deformation of parts, burnouts, peeling of coatings, and wear of friction pairs, was established.*

**Combustion chamber.** The operating conditions of engine combustion chamber elements are characterized by significant values of cyclic mechanical and thermal stresses (Figure 7). This led to the appearance of mechanical and thermal fatigue damage (cracks), irreversible deformation of structural elements. The depressurization of brazed seams and other areas of the fuel collectors was detected. One of the reasons for these defects was thermal stresses arising from the limited deformation and the difference in the coefficients of linear expansion of the materials of the protective coating, weld, inlet tube, and injector body.

This resulted in the formation of cracks in the coating and the wall of the inlet tube, which caused further depressurization of the fuel channel and burnout of the combustion chamber housing parts. Cracking along the collector's welds occurred at the weld boundary (fillet).

No metallurgical defects or obvious brazing defects were found in the fracture zone. Metallographic analysis of the fuel circuit pipeline fracture showed no changes in the structure and composition of the metal. The cracks originated from linear concentrators located near the outer surface of the pipeline. Cracks were also observed on the vessel diffuser struts (Figure 7). The average length of the cracks varied in the range of 3...6 mm.



**Figure 7 – Cracks in the body of the main combustion chamber**

1. **Gas turbine.** The most stressed structural elements of a gas turbine are its disks, impellers, and nozzle blades. The blades are produced by the directed crystallization method and have gas-plasma high-temperature protective coatings. Despite the material's safety margins, the parts are characterized by thermal fatigue fractures in the low-cycle fatigue region. The most common defects of the blades were: thinning of the inlet edge, appearance of thermal fatigue cracks, and gaps. For these reasons, up to 50% of the blades were rejected. There are also cases of blade breakage (Figure 8). In this case, the surface of the blade was brown and dark gray in the fracture zone. At the fracture site, the surface of the trough and the inlet edge was burned. In addition, thermal fatigue cracks were detected on the inlet edge and on the trough side, as well as peeling of the coating. The fracture was oxidized and had a gray color of various shades. At the inlet edge at the site of the longitudinal crack formation, wall thinning to 0.1 mm or less was recorded.

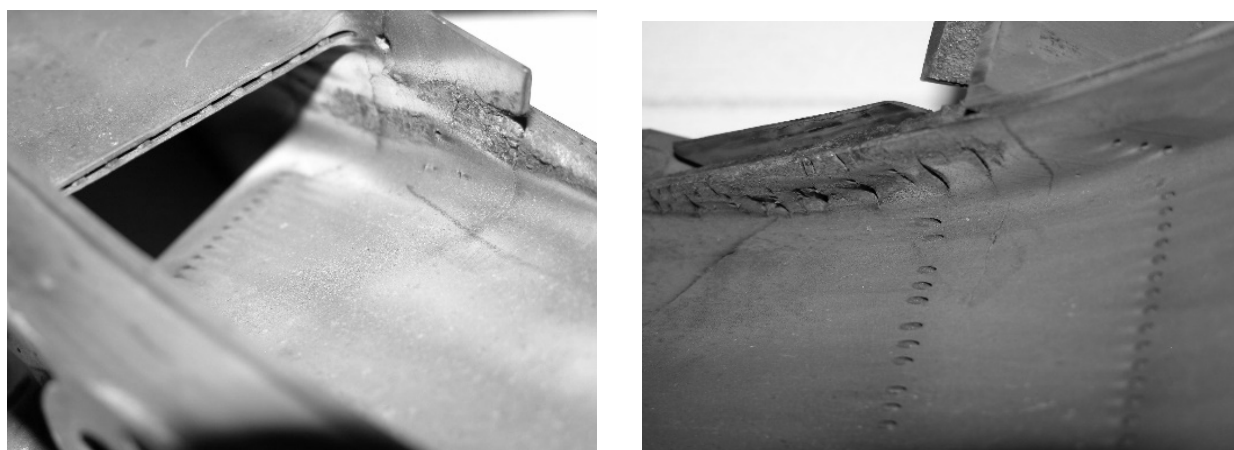


**Figure 8 – Destruction of high-pressure turbine blades**



There was a "different thickness" of the walls, especially in the area of the inlet edge on the side of the trough and back. Metallographic analysis of the material showed the formation of interdendritic porosity, which contributed to the degradation of its mechanical properties and the active accumulation of thermal fatigue damage until the appearance of a main crack and its further growth. Changes in the material structure also caused unidirectional irreversible deformation of the blade.

Despite the relatively low stress values, a significant number of defects were found in the nozzle blades (Figure 9) in the form of thermal fatigue cracks in the stress concentration zones and in the area of the cooling system channels.



**Figure 9 – Thermal fatigue cracks in the nozzle blades**

The rejection statistics show that the most intensive material hardening occurs during the overhaul life, which is associated with both the accumulation of microdefects and the quality of the previously performed repairs. In addition, high-temperature wear occurred in gas turbine parts. This is observed on the surfaces of the sealing inserts that provide the required radial gap between the casing.

**Other components.** The structural elements of these units are particularly characterized by thermal extremes. For example, the temperature difference between different parts of the mixer can reach 200...250<sup>0</sup>C. The heterogeneity of the thermal state of the part caused thermal stress and, as a result, the appearance of thermal stress cracks. Their length in the area of the holes in the base material ranged from 3 to 15 mm. Wear marks appear on the rubbing surfaces and in the hinges, thermal fatigue cracks appear in the body of the sashes, and the sashes themselves are permanently deformed.

Analyzing the results of the study of heat engine parts, it should be noted that mechanical and thermal defects (cracks, wear) are the main type of damage to parts



that limit the service life.

## **Conclusions**

The research summarizes theoretical and practical materials on the mechanisms of destruction and protection of heat-stressed reusable technical systems. It has been established that the functionality of the material decreases with service life. It is advisable to use the research results in the development and implementation of technological measures in the processes of manufacturing, repair and operation of reusable technical objects. The statistical analysis of the defecting results shows the importance of timely and high-quality diagnostic and repair work, confirms the relevance of improving the scientific basis for predicting the current and limit state (properties) of materials before and after restoration measures, as well as the introduction of effective technologies for diagnosing and restoring structural elements.

The rapid development of scientific and technological progress and the need to ensure the operability of structural elements of technical facilities in modern conditions stimulates the development of manufacturing and repair technologies, namely creation of high-quality structural materials, coatings and product material systems [9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17]; improvement of technologies for restoring the properties of structural elements and ensuring further safe operation; improvement of technologies for non-destructive testing of the technical condition of structural elements in the process of manufacturing, repair, and operation. Further development of technologies for diagnosing and restoring structural elements of aerospace systems, through the introduction of modern means and methods of their use, will allow to meet the growing demands of operators to increase resource indicators and reduce operating costs.

**KAPITEL 4 / CHAPTER 4<sup>4</sup>****DEVELOPMENT OF A REMOTE CONTROL INTERFACE FOR AN ANTHROPOMORPHIC ROBOT****DOI: 10.30890/2709-2313.2023-23-01-018****Вступ**

Високотехнологічні виробництва, склади, логістичні компанії, сільськогосподарські підприємства та заклади охорони здоров'я шукають нові інноваційні способи підвищення ефективності технологічних операцій. В багатьох випадках рішенням є застосування маніпуляторів або антропоморфних роботів (АР). Сучасні маніпулятори - це повністю автономні інтелектуальні машини, які підвищують продуктивність праці, скорочують час простою обладнання, усувають помилки позиціонування об'єктів і т.п.

При виконанні технологічних операцій завдання системи керування АР - забезпечити переміщення полюсу схвата по заздалегідь визначеній траєкторії. Під час виконання технологічних операцій до робочої зони АР може потрапити перешкода. На відміну від попередніх засобів автоматизації, сучасні АР не покладаються на заздалегідь визначені траєкторії переміщення полюсу схвата і можуть діяти в умовах динамічного зовнішнього середовища без нагляду оператора. Для навігації АР використовують елементи робочого простору і не вимагають дорогої модифікації існуючого виробничого майданчика.

Система керування АР повинна:

- здійснити аналіз поточного стану робочого простору,
- генерувати стратегію досягнення визначеної мети,
- спланувати оптимальну траєкторію руху до об'єкту,
- синтезувати команди на виконавчі органи.

До складу системи керування АР входить набір датчиків, елементи штучного інтелекту, алгоритми машинного навчання та обчислень, інтерфейс, системи контролю, канали зв'язку і т.п. Для здійснення технологічних операцій з вибухонебезпечними, токсичними або радіоактивними об'єктами застосовуються АР з дистанційним копіюванням рухів людини-оператора. Копіююче управління передбачає точне повторення кінематичною схемою

---

<sup>4</sup>*Authors: Ashhepkova Natalja Sergeevna*



маніпулятора змін узагальнених координат заданих оператором.

Переваги дистанційного керування:

– схожість кінематичних схем маніпулятора та руки оператора спрощує процедуру формування керуючих команд для кожного виконавчого приводу в кінематичних парах,

– дистанційно керований АР може взаємодіяти з інструментами, оснащенням і устаткуванням яке призначено для використання людиною.

Недоліки дистанційного керування:

– оператор позбавлений тактильних відчуттів.

– оператор не відчуває робочих зусиль у шарнірах при діях маніпулятора.

– оператор не має зворотного зв'язку по контактних зусиллях між схватом (інструментом) і об'єктом маніпулювання.

– оператор повинен в ході технологічного процесу з першої спроби генерувати "ідеальну траєкторію" АР.

– необхідність багаторазової передачі керуючих та інформаційних сигналів істотно сповільнюють технологічний процес.

Однією з основних проблем при створенні пристроїв дистанційного керування маніпуляторами є недостатній рівень зворотного силомоментного зв'язку між маніпулятором та оператором. При виконанні технологічних операцій з вибухонебезпечними, токсичними або радіоактивними об'єктами це може привести до значного ускладнення процесу керування та втрат серед військових, рятувальників та цивільного населення.

Мета дослідження розробити інтерфейс для реалізації білатерального керування антропоморфним роботом.

Актуальність дослідження обумовлена широким впровадженням дистанційного керування роботами із застосуванням різноманітних пристроїв керування (рукоятки, джойстики і т.п.).

Для досягнення мети потрібно розв'язати наступні задачі:

– аналіз взаємодії робота з зовнішнім середовищем,

– аналіз конструкцій пристроїв дистанційного керування роботами,

– синтез структури інтерфейсу для реалізації дистанційного керування АР.

Втілення результатів дослідження дозволить вирішити існуючу наукову проблему, а саме: забезпечення адекватного зворотного силомоментного зв'язку між маніпулятором та оператором із застосуванням пристрою дистанційного



керування.

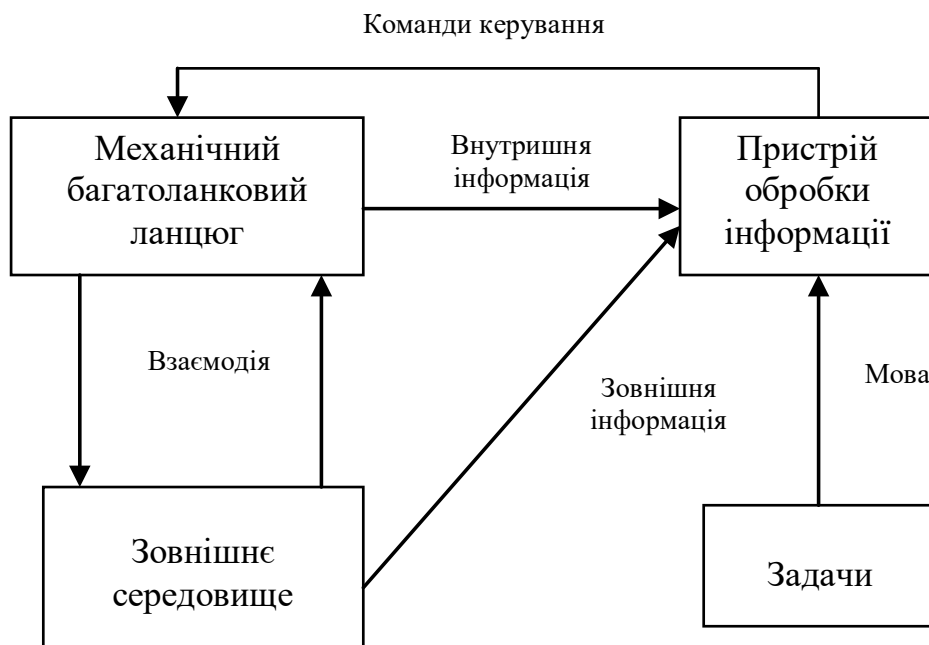
#### 4.1. Аналіз взаємодії робота з зовнішнім середовищем

Робот, як керована машина має наступні властивості:

– *універсальність*, тобто здатність виконувати різні механічні дії в реальному просторі. Для цього роботіві необхідно мати механічну структуру зі змінюваною геометрією ланок.

– *адаптивність* до зовнішнього середовища, тобто здатність самостійно пристосовуватися (змінювати свою стратегію, кінематичну конфігурацію, траєкторію або параметри руху) залежно від змін робочого простору.

Схема взаємодії робота з зовнішнім середовищем при дистанційному керуванні зображена на рис. 1.



**Рисунок 1 – Функціональна схема взаємодії антропоморфного робота з зовнішнім середовищем** Авторська розробка

При керуванні роботами взаємодіють чотири основних простори:

1) *робочий простір* або реальний фізичний простір, у якому діє робот.

Положення й орієнтація виконавчого органу (схвату) задаються вектором  $\bar{R}_0(t)$  із шістьма компонентами. Зазвичай три компоненти визначають координати поточного положення особливої точки P (полюсу схвата або робочого





інструменту), ще три компоненти визначають орієнтацію робочого інструменту.

Компоненти вектору  $\bar{R}_0(t)$  іноді називають операційними координатами.

2) *простір змінних кінематичних пар*, у якому конфігурація робота описується вектором  $\bar{q}(t)$ , який містить, як правило, стільки ж компонент, скільки й ступенів рухливості. Ці компоненти називають узагальненими координатами.

3) *простір моментів*, які розвиваються в кінематичних парах приводами й зовнішніми силами. Рушійні моменти утворюють у ньому вектор  $\bar{M}(t)$ .

4) *простір команд керування*, у якому дійсні вектори керування (наприклад, напруги або струми на вході приводів слідкуючої системи) позначаються через  $\bar{U}(t)$ .

Взаємодія робота із зовнішнім середовищем, у загальному виді містить у собі три основні етапи:

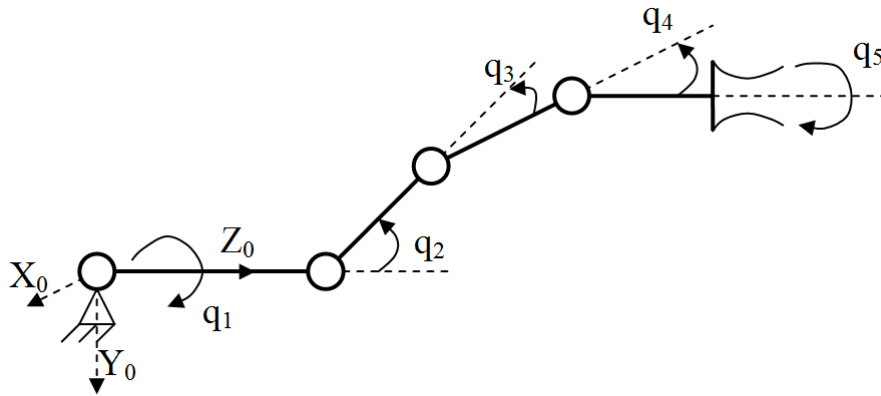
- розуміння завдання;
- можливий пошук додаткової інформації або інструментів до початку виконання завдання;
- безпосереднє виконання завдання (деякої макрозадачі, яка може складатися з великої кількості елементарних підзадач). Вважається, що кожні дві макрозадачі незалежні й зв'язані лише можливою послідовністю виконання в часі.

Механічна частина багатоланкового робота має структуру кінетичного ланцюга (рис. 2). Перші три ступені рухливості ( $q_1, q_2, q_3$ ) дозволяють забезпечити в просторі координати особливої точки  $P$ , тобто полюсу схвату маніпулятора (рис. 2). Інші три ступені рухливості ( $q_4, q_5, q_6$ ) дозволяють здійснити орієнтацію схвату. Зміни узагальнених координат у кінематичних парах здійснюються за допомогою виконавчих приводів (електричного, гідравлічного або пневматичного типу).

Завдання керування роботом зводиться до рішення рівняння прямого й зворотного переходу:

$$\bar{U}(t) \leftrightarrow \bar{M}(t) \leftrightarrow \bar{q}(t) \leftrightarrow \bar{R}_0(t) \quad (1)$$

Якщо рівняння (1) розв'язне, то алгоритм керування - синтезовано. Процес керування розкладається на етапи:



**Рисунок 2 - Кінематична схема антропоморфного робота**

1. Визначається вектор  $\bar{U}(t)$ , тобто послідовність керуючих напруг, що подаються на вхід слідкуючої системи приводів, водночас задаються тимчасові обмеження.

2. В обчислювальний пристрій надається послідовність значень  $\bar{q}(t)$  з метою самостійного визначення (у реальному масштабі часу для можливості динамічного керування) величин  $\bar{M}(t)$  і  $\bar{U}(t)$ .

3. Обчислювальний пристрій за заданим значенням  $\bar{R}_0(t)$  повинен перейти спочатку до  $\bar{q}(t)$ , потім до  $\bar{M}(t)$  і, нарешті, до  $\bar{U}(t)$ .

На всіх трьох етапах зазначені величини визначаються послідовно для моментів часу, що відповідають бажаному набору траєкторій.

4. Обчислювальний пристрій повинен сформувати траєкторії між конфігураціями кінематичної схеми робота в робочому просторі, а потім у просторі керування. На цьому етапі в силу неповної визначеності траєкторій, можливий деякий прояв здатності робота до самостійного прийняття рішень.

5. Завдання формулюється роботіві не математично, а лінгвістично, і робот повинен здійснити самостійні дії. Опис завдання не є повним: деякі параметри не визначені й повинні бути отримані з зовнішнього середовища відповідно до деякої стратегії.

6. Завдання ускладнюється, мова спілкування з роботом наближається до розмовної.

7. Завдання роботу ставиться усно, як при розмові з людиною. Пристрій обробки інформації повинен не тільки зрозуміти мову, але й перетворити звукові хвилі у фрази, групи слів і т.д., зрозуміти їхній зміст і перейти до виконавчих дій. Таким чином, у це завдання включаються всі винаходи по сприйняттю й обробці



звукової інформації.

Лише починаючи з п'ятого етапу, можна говорити про елементи штучного інтелекту робота.

## **4.2. Аналіз конструкцій пристроїв дистанційного керування антропоморфними роботами.**

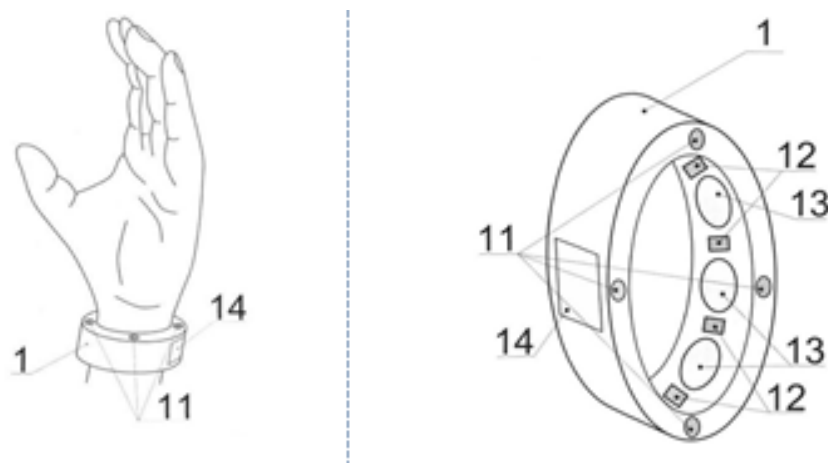
Для організації взаємодії робота з оператором застосовуються різні конструкції пристроїв дистанційного керування. При виконанні технологічних операцій з токсичними або вибухонебезпечними об'єктами помилка в інтерпретації команд оператора може привести до руйнування роботу та втратам серед особового складу підрозділу.

Якщо маніпулятор використовується при подоланні наслідків техногенних або природних катастроф, то він працює в умовах невизначеного зовнішнього середовища. Такий маніпулятор доцільно оснастити системою відеоспостереження для створення ефекту присутності людини-оператора у робочому просторі маніпулятора для термінового реагування на зовнішні впливи, запобігання зіткненням маніпулятора з перешкодами та збереження його працездатності.

Під час дослідження було проаналізовано конструкції пристроїв керування у вигляді різноманітних джойстиків [1-3] та рукавички [4, 5].

Конструкцію пристрою дистанційного керування у вигляді браслета наведено на рис.3. Формування команд здійснюється за допомогою жестів. Недоліком є те, що запропонований пристрій сприймає рухи тільки долоні та пальців людини і використовуються у комп'ютерних іграх, тобто не має виробничого застосування.

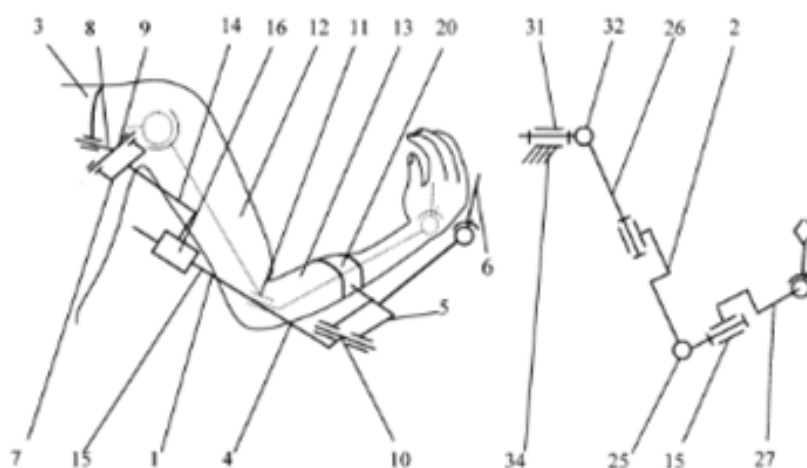
Конструкція пристрою дистанційного керування маніпуляторами з використанням екзоскелетону наведено на рис.4. Екзоскелетон сприймає керуючі рухи руки людини-оператора та за допомогою ложементу пов'язаний з оператором. Передача керуючих сигналів до маніпулятора здійснюється дистанційно за допомогою радіозв'язку. Зворотній зв'язок забезпечено наявністю функціонального елемента, який порівнює відносні кути обертання ланок пристрою керування з відповідними відносними кутами виконавчої схеми маніпулятора. Якщо величини означених кутів не збігаються, функціональний



**Рисунок – 3. Пристрій керування за допомогою жестів [1].**

елемент блокує подальший рух ланок екзоскелетону що свідчить оператору про наявність перешкоди руху маніпулятора.

Недоліком даного пристрою є відсутність керування пальцями тобто рухливими елементами схвату маніпулятора. Ця обставина ставить під сумнів виробничу корисність моделі, оскільки маніпулятор, що копіює рухи руки людини-оператора, призначений для надійного усталеного дистанційно керованого переміщення крихких або небезпечних матеріалів, а також при відсутності прямої видимості оператором дій маніпулятора.



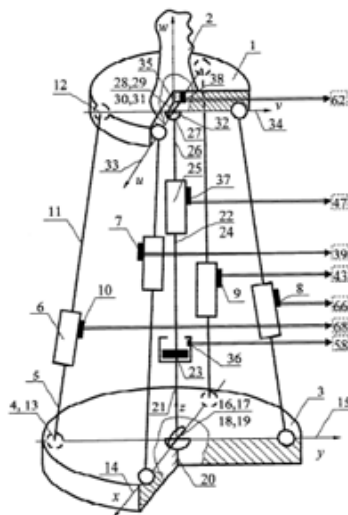
**Рисунок – 4. Пристрій копіюючого керування маніпулятором [2].**

Конструкція пристрою дистанційного керування маніпуляторами у вигляді рукоятки представлена на рис.5. Згідно поставленого завдання переміщення об'єкту здійснюють механічним схватом маніпулятора з дистанційною



передачею керуючих сигналів за допомогою радіозв'язку. Пристроєм керування при цьому є рукоятка з тактильними датчиками, яка сприймає керуючі рухи руки людини-оператора.

Недоліком даного пристрою є відсутність датчиків зворотного зв'язку у рукоятці та неможливість отримання оператором сигналу зворотного зв'язку по контактним зусиллям між схватом та об'єктом маніпулювання.



**Рисунок – 5. Пристрій для дистанційного керування маніпулятором [3].**

Конструкція пристрою керування обумовлює експлуатаційні характеристики маніпулятора та АР. Однак, метод керування з використанням спеціальних пристроїв також має свої недоліки. Ефективність застосування цього методу залежить від навичок та досвіду оператора, оскільки неправильне використання або недостатня увага можуть призвести до помилок керування та втрати зв'язку з АР. Застосування спеціальних пристроїв керування передбачає фізичний контакт та моторну активність, що може виснажити оператора при тривалій роботі.

Перевагами методу керування з використанням спеціальних пристроїв є його оперативність та адаптивність. Оператор у режимі реального часу взаємодіє з АР, що дозволяє швидше та точніше реагувати на зміни у робочому просторі. Цей метод керування дозволяє оператору відчувати вібрацію, опір або інші сигнали зворотного зв'язку, які надають інформацію про поточний стан роботи.

Останнім часом набуло поширення застосування пристрою керування у вигляді рукавички. Електронна рукавичка оснащена датчиком, для виявлення змін руху або згинання пальця. Така рукавичка є зручним пристроєм дистанційного керування. В [6, 7] наведено результати досліджень використання



електронною рукавички людьми з обмеженими можливостями. В [8, 9] наведено результати впровадження електронною рукавички для дистанційного керування роботами – водолазами. В [6, 10] наведено результати використання електронної рукавички для дистанційного керування мобільними роботами. В [11 - 14] наведено результати досліджень дистанційного керування маніпуляторами за допомогою жестів (з використанням електронної рукавички). В [15, 16] наведено результати використання електронної рукавички для дистанційного керування безпілотними літальними апаратами.

Завдяки застосуванню спеціальних пристроїв дистанційного керування оператор може під час переміщення роботу корегувати напрямок руху та швидкість, змінювати траєкторію або послідовність технологічних операцій.

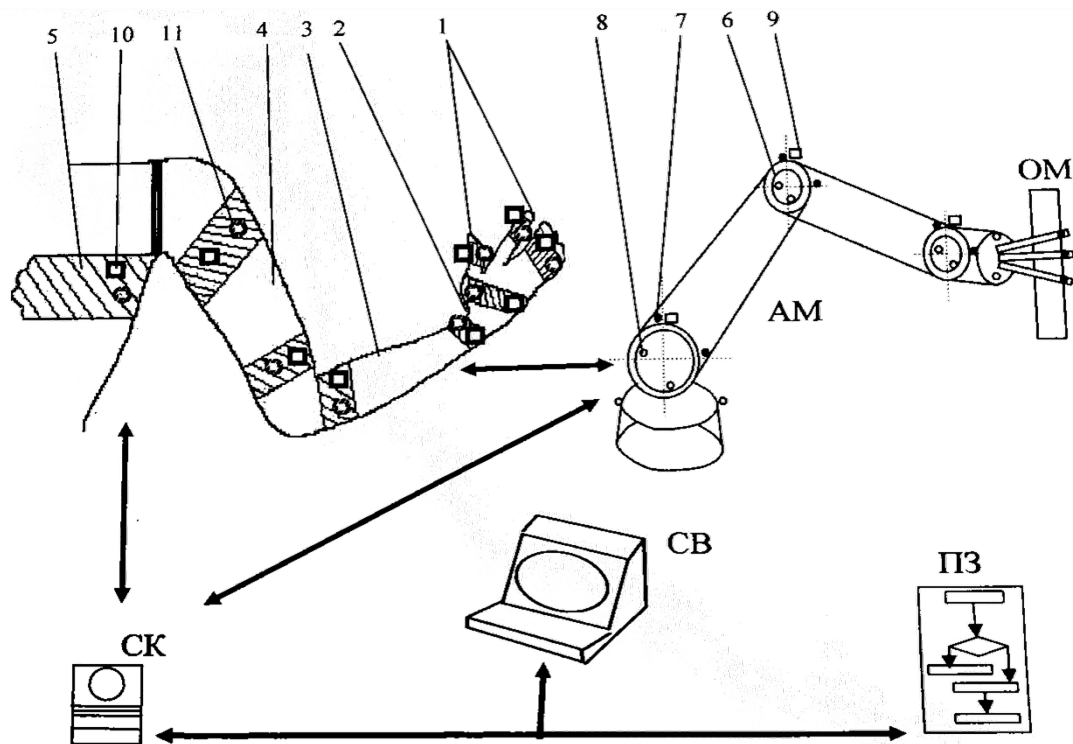
Результати аналізу доводять перспективність застосування пристрою керування у вигляді рукавички для реалізації ефективної взаємодії людини з роботом.

### **4.3. Розробка структурної схеми системи дистанційного керування антропоморфним роботом**

Запропонований у [4, 5] пристрій дистанційного керування маніпулятором (рис.6) складається з еластичної рукавички, яка має довжину від кінчиків пальців до плечового суглоба.

На рис. 6 наведено схему застосування пристрою дистанційного керування антропоморфним маніпулятором, на якій прийнято позначення: ПК – пристрій керування, АМ – антропоморфний маніпулятор, ОМ – об'єкт маніпулювання, СК – система керування, СВ – система відеоспостереження, ПЗ – програмне забезпечення, 1 – пальці, 2 - зап'ястя, 3 – передпліччя, 4 – плече, 5 – фіксатор-наліпка, 6 – кінематичні пари антропоморфного маніпулятора з виконавчими приводами, 7 – силомоментні датчики, 8 – елементи системи технічного зору, 9 – відеокамери, 10 – датчики кута, 11 – чутливі елементи.

Пристрій керування складається (рис.6) із пальців 1, зап'ястя 2, передпліччя 3 та плеча 4. Еластична рукавичка оснащена на пальцях, зап'ясті, лікті, плечі і корпусі оператора фіксаторами-наліпками 5 з датчиками кута 10, під фіксаторами-наліпками розташовані чутливі елементи 11 для забезпечення зворотного зв'язку.



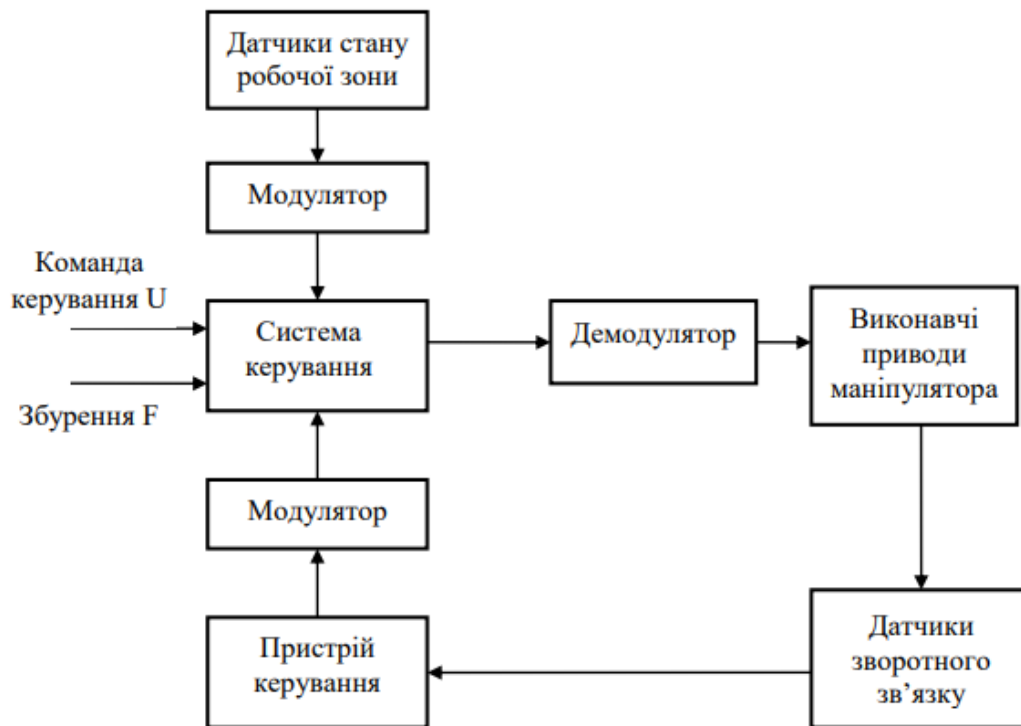
**Рисунок 6 - Схема застосування пристрою дистанційного керування антропоморфним маніпулятором [4]**

*Авторська розробка*

Рукавичка містить на пальцях, зап'ясті, лікті і плечі фіксатори-наліпки з датчиками кута акселерометрами і гіроскопами. Така само фіксатор-наліпка закріплена на корпусі людини-оператора. Під фіксаторами-наліпками розташовані чутливі елементи з можливістю створення вібрації в межах заданого діапазону.

Для забезпечення обміну інформацією та керуючих впливів розроблено структурну схему інтерфейсу дистанційного керування антропоморфним роботом (рис.7).

Датчики стану робочої зони маніпулятора надають первинну інформацію у вигляді неперервних сигналів. Після модуляції сигнали подаються до системи керування. Згідно з результатами вимірювань генерується стратегія для досягнення бажаної мети (виконання маніпуляцій з об'єктом чи інструментом). Стратегія розділяється на підзадачі для кожного виконавчого приводу кінематичної схеми маніпулятора. Система керування через демодулятор спрямовує команди до виконавчих приводів маніпулятора.



**Рисунок 7 – Структурна схема інтерфейсу дистанційного керування антропоморфним маніпулятором** Авторська розробка

Контроль за відповідністю розрахункових та фактичних рухів кінематичної схеми маніпулятора забезпечується за допомогою датчиків зворотного зв'язку. Сигнал зворотного зв'язку дозволяє за допомогою пристрою керування здійснити необхідні корегування. Система керування модернізує згенеровану стратегію з урахуванням внесених корегувань.

При реалізації адаптивного керування генерація нової стратегії забезпечує підлаштування під існуючі параметри робочої зони. При реалізації керування з елементами штучного інтелекту генерація стратегій здійснюється на основі попереднього досвіду та накопичених знань. При реалізації дистанційного копіюючого керування стратегія генерується за командами людини –оператора.

## Висновки





У запропонованій роботі застосовано системний підхід для розробки інтерфейсу дистанційного керування антропоморфним роботом. Встановлено характер взаємодії робота з зовнішнім середовищем. Проведено аналіз конструкцій пристроїв дистанційного керування роботами. Запропоновано структурну схему інтерфейсу для реалізації дистанційного керування антропоморфним роботом.

Втілення результатів дослідження дозволить запровадити білатеральне керування антропоморфним роботом. Забезпечення адекватного зворотного силомоментного зв'язку між маніпулятором та оператором доцільно застосовувати при операціях з крихкими, токсичними та вибухонебезпечними об'єктами. Результати дослідження можна застосовувати у екстремальній робототехніці або для антропоморфних роботів із дистанційним супервізорним керуванням, які копіюють рухи людини-оператора.

## **KAPITEL 5 / CHAPTER 5 <sup>5</sup>**

---

<sup>5</sup>*Authors: Kryvokulska Nataliia Mykhailivna, Borysiak Olena Volodymyrivna, Hunko Serhii Ivanovych*



# CONVERGENCE OF CRITICAL TECHNOLOGIES AND ENVIRONMENTAL MANAGEMENT IN REGIONS BASED ON SUSTAINABLE AND INCLUSIVE DEVELOPMENT

DOI: 10.30890/2709-2313.2023-23-01-003

## Introduction

Regions, as systems, are represented by economic, social and environmental subsystems. In the context of sustainable development, the environmental subsystem is necessary to ensure the functioning and improvement of economic and social subsystems. Environmental subsystem is based on the convergence of critical technologies and environmental management in regions.

Critical technologies (key technologies, innovative technologies) are high technologies that have fundamental importance for maintaining national security or economic growth. They also need conservation and development. In general, there are three priority areas of critical technologies:

- a) technologies of life support for the population (medicine, food and consumer goods, energy, ecology);
- b) advanced dual-use technologies (transport, materials, mechanical engineering technologies, computer sciences and communications);
- c) special-purpose technologies (in particular, the defense industry) [1-3].

In view of this, the environmental subsystem (of a specific region) can be considered as a springboard for the introduction of critical technologies. Thus, it "ensures the sustainable development of other - economic and social - systems" [4, p. 86-88]. At the same time, the uneven regional development and the heterogeneity of its environmental problems actualize the issue of regional aspects of inclusivity. This applies in particular to ensuring the convergence of critical technologies and environmental management in regions. This is indicated by the following thesis: "the concept of inclusive development assumes that each economic entity is important, unique, valuable to society and has the capacity to meet its needs. In a generalized sense, inclusive development is the need to strengthen the involvement of all segments of the population, as well as territories, in any matters that contribute to the actual development» [5].



## **5.1. Critical technologies in the context of relationship between the concepts of "sustainable development" and "inclusive development"**

According to the United Nations Development Program, it is stated that "inclusive development is the type of development that complements human development and includes a wide range of changes – from environmental resilience development (that is, climate change, pollution, lack of energy resources) and natural disasters to the development of rural communities, citizens' incomes, health care costs, education and recreation" [6].

This interpretation of the concept of "inclusive development" allows us to ascertain:

- the importance and need to ensure human development in all its areas (employment, access to public services, including environmental, etc.);

- the need to respect human rights (for example, political (right to participate in governance), economic (right for microfinancing), social (right for the healthcare), environmental (right to have a safe environment)), in the context of which the idea of inclusiveness has been developed;

- the close relationship between the concepts of "sustainable development" and "inclusive development" at all levels of the respective developments. It is proven by, for example, this thesis: "Sustainable development of territories is a harmonious, social, economic and environmental development of urban and rural settlements, aimed at creating living conditions for current and subsequent generations on the basis of balanced use of resources" [7, p. 4].

Sustainable development as well as the concept of inclusive growth involve three-vector progress (development): economic, social and environmental. An additional proof of the relationship between the concepts of "sustainable development" and "inclusive development" is such a thesis: "comprehensive implementation of sustainable development ideas turned out to be extremely difficult, sometimes even impossible. It led to the gradual spread of compromise approaches, one of which stood out in the concept of inclusive development. The poorest and most vulnerable segments of the population were in the focus of its' main attention" [8].

The increase of both sustainable and inclusive development requires profound substantive and functional changes in environmental management. Appropriate changes can be implemented through the introduction of critical technologies to strengthen environmentalisation, the use of new methods of management, the



accumulation of efforts and the state, the public, and entrepreneurial structures in the course of constructive interaction. The leading role in the process of environmental management is assigned to the state. The state, through the implementation of environmental policy (taking into account the provisions of the concept of sustainable development, the concept of inclusive development, etc.), including policy towards the regions, determines the conditions for the implementation of natural resource and environmental activities and forms institutional support for this matter.

The state should also be the main subject of the implementation of critical technologies in the environmental protection field. Within the framework of three groups of indicators that form the index of inclusive development, a separate group, which is referred to as "Intergenerational Equity & Sustainability" is also commonly distinguished. Environmental pollution is the key indicator in this group.

## **5.2. Regional environmentalisation as a factor for critical technologies development**

In the scientific work [9] it is stated that "environmentalisation is defined as the process of penetration of ideas, knowledge, laws of ecology, environmental thinking in other areas of science, production, as well as in the livelihoods of society and the state. In other words, it refers to the penetration of environmental aspects into all spheres of human activity and management. Environmentalisation aims to form a new system of thinking and perception of objective reality in the field of nature management and economic security".

The above interpretation of the concept of "environmentalisation" shows that it should function as an end-to-end process of strengthening the ecological content of the activities of institutions (state, society, entrepreneurship, etc.), each of which has its own functional load. For example, the state should increase the effectiveness of managerial influence and environmental regulation through state bodies and local governments; the public should take part in solving environmental issues (through environmental impact assessment, waste sorting, etc.); entrepreneurs should reduce the energy and material intensity of production.

Today it is undeniable that there is a high chance and risk of an environmental crisis. It is due to a number of reasons (irrational deployment of productive forces on the territory of our state; exhaustion of natural resources and deterioration of their



quality; increasing amount of generated waste, especially as a result of war and damage to infrastructure and production facilities; ineffective environmental management at different levels; low level of ecological culture of a significant number of the population and managers of enterprises, etc.). With that being said, we can assume that the environmental sphere as a system, which is designed to create and maintain conditions for the life support of the population of Ukraine and its regions and territorial communities, is currently incapable of this. Under such critical conditions, there is a dilemma of using technologies that, initially working with the "environmental crisis" will allow, as a result, to obtain "an appropriate, environmentally friendly" resource.

Solving environmental problems at the regional level requires the convergence of critical technologies and the greening of management as tools for establishing regional aspects of inclusiveness. The state, entrepreneurs, the public and market infrastructure institutions should be the main subjects of such management.

Therefore, in the context of the issue of identifying the environmental problems of the region as an imperative for the convergence of critical technologies and the environmentalisation of management in the regions, we will consider specifically the Ternopil region (Ukraine). Through thorough analysis, we can identify environmental problems and conduct research on the state of its environment as a result of air pollution and waste disposal in the environment. There are no indicators for us to assess the state of environmental pollution in the studied region for 2022-2023. This is due to the Law of Ukraine "On Protection of the Interests of Reporting Entities and Other Documents during the Period of Martial Law or the State of War". According to this law, "statistical and financial statements may be submitted by respondents to the state statistics bodies within three months after the termination or abolition of martial law or the state of war for the entire non-reporting period" [10].

The dynamics of emissions into the atmosphere of the Ternopil region during 2016-2021 is given in Table 1.

Gross regional product (GRP) is an important indicator of the development of the regional economy, which shows the result of the activities of resident economic units in the field of material production and in the service sector. Any production activity is accompanied by environmental pollution. Therefore, the volume of emissions

**Table 1 – Dynamics of emissions into the atmosphere of the Ternopil region during 2016-2021, thousand tons**



Years	Emissions into the air of the region, thousand tons			Emission density per 1 square km, kg	Emissions per 1 person, kg	Emissions per unit of GRP, thousand tons/1 billion UAH
	Total amounts of emissions	Emissions by stationary sources	Emissions by movable sources			
2016	45,2	9,0	36,2	3270	42,5	1,5
2017	45,3	10,6	34,7	3277	42,9	1,1
2018	42,9	10,2	32,7	3104	40,9	0,9
2019	42,0	9,4	32,6	3037	40,2	0,7
2020	41,6	9,5	32,1*	3005	40,2*	**
2021	**	**	**	**	**	**

\* preliminary data on emissions from mobile sources

\*\* according to the Main Department of Statistics in the Ternopil region, the actual data is not available, in accordance to the Law of Ukraine "On Protection of the Interests of Reporting Entities and Other Documents during the Period of Martial Law or the State of War". According to this law, statistical and financial statements may be submitted by respondents to the state statistics bodies within three months after the termination or abolition of martial law or the state of war for the entire non-reporting period.

Source: [10-11]

(thousand tons), which falls on the unit of GRP, shows what anthropogenic pressure in the form of emissions into the atmosphere is carried out when receiving 1 billion UAH of GRP.

Ideally, with the effectiveness of the environmental policy tools (permits, norms, etc.) and the introduction by economic entities of environmental protection activities (non-exceeding of established limits, updating of equipment and equipment, etc.), the indicator of emissions per unit of GRP should be reduced.

The dynamics of pollutant emissions per unit of GRP of the Ternopil region during 2016-2020 is illustrated in Table 2.

From the Table 2 we can see, that the indicator of the volume of emissions of the Ternopil region during 2016-2020, in general, had a downward trend, while the same indicator per unit of GRP remained at the same level. At the same time, the volume of produced GRP increased over the same period.

**Table 2 – The dynamics of pollutant emissions per unit of GRP of the Ternopil region during 2016-2020**



Years	GRP volume, million UAH	Emissions from stationary and movable sources (total amount), thousand tons	Emissions per unit of GRP, thousand tons/1 billion UAH
2016	31072	45,2	1,5
2017	40715	45,3	1,1
2018	49127	42,9	0,9
2019	57140	42,0	0,7
2020	62661	41,6	0,7

Source: [10-11]

The decrease in emissions by stationary sources during 2016-2020 was largely caused by smaller amounts of emissions by agricultural enterprises (a decrease in the volume of cultivation of farm animals (pigs)), the processing industry (a decrease in the volume of processing of sugar raw materials), the gas industry (a decrease in the volume of gas transportation). The volume of emissions generated into the atmosphere by mobile sources also decreased. In general, this transformed into a decrease in the total volume of emissions of pollutants into the air of the region by 0.4 thousand tons (from 42 thousand tons in 2019 to 41.6 thousand tons in 2020).

Speaking about the GRP produced during 2016-2020, although its volume grew, in 2020 there was a decline in the GRP formed by 3.2% compared to 2019.

## Conclusions

In view of this, the relevance of the issue of environmental management in regions is undeniable. Such environmentalisation is revealed through:

- professionalization of the personnel of state bodies and local authorities in order to effectively fulfill their environmental functional load;
- establishment of a multi-level system for monitoring the effectiveness of environmental management, as well as the results of the introduction of environmental projects and the financial resources used for them;
- reduction of anthropogenic pressure on the environment together with the risk of emergencies;
- increase of the level of environmental culture of all subjects of environmental management;
- creation of a comprehensive infrastructure for protecting and improving the



environment (legal, information and communication, material and technical, financial, etc.), its systems (atmosphere, water and land resources, etc.);

- development of environmental management, which will indicate conscious and internally motivated activities of business entities. The results of such activities are increasing the competitiveness of enterprises in the domestic and foreign markets, the possibility of developing new markets, improving the image, attracting investors, establishing in the minds of consumers as a socially responsible environmentally oriented enterprise.

In this context, the expansion of the use of critical technologies as environmental tools (stimulation: production of batteries for electric vehicles; automobile and bicycle electric revolution; regional environmental partnership; creation of ecological provinces, etc.) [12-13] is the matter of particular importance for the case ensuring the environmentalisation of regional management. According to the analysts from Deloitte, "the increase in the use of urban bicycles can cause significant social changes, such as reducing of traffic, nature pollution and the load of the public transport system, as well as the health conditions improvement" [14].

Therefore, the convergence of critical technologies and the environmentalisation of governance should become a springboard that will contribute the consistency in the introduction of vital environmental functions, which can ensure both environmental and national sustainability. Such changes will mark a new stage in the development of security approaches, during which the activities of state bodies, the population, the private sector of the economy and other subjects will be synchronized in order to ensure the environmental security of the state, regions, and territorial communities.



КАПИТЕЛ 6 / CHAPTER 6<sup>6</sup>

## RESEARCH OF PIEZORESISTIVE EFFECT IN SILICON FILMS AND DEVELOPMENT OF MEASURING TRANSDUCERS BASED ON THEM

DOI: 10.30890/2709-2313.2023-23-01-017

**Вступ**

Розвиток науки, техніки, технологій вимагає вдосконалення і засобів контролю різних параметрів фізичних процесів. Це стосується також тензометрії, необхідність проведення якої зараз виникає в таких умовах, як криогенні температури, сильні магнітні поля, радіаційні впливи тощо. Тому постійно ведуться роботи з вивчення фізики тензоефекту в різних матеріалах, розроблення методик вимірювання механічних деформацій і конструкцій вимірювальних засобів [1-9]. Досить багато досліджень присвячено напівпровідниковим матеріалам. Наприклад, в роботах [3-7] зроблена спроба удосконалення технологій вимірювання та тензодатчиків на основі плівок кремнію.

**Теоретичний аналіз**

Для загального випадку, коли напрямок механічного напруження  $\sigma$  і густини струму  $j$  становлять довільний кут, п'єзорезистивний ефект у напівпровідниках із кубічною решіткою теоретично описується за допомогою п'єзорезистивних  $\pi_{ij}$  ( $\pi = \Delta\rho/\rho_0 X$ , де  $\Delta\rho$  - зміна питомого опору,  $\rho_0$  - початковий питомий опір,  $X$  - механічні напруження) або еласторезистивних  $m_{ij}$  коефіцієнтів, які є тензорами четвертого рангу [10, 11]. Ці коефіцієнти пов'язані між собою через коефіцієнти податливості та модулі пружності. Для кристалів того класу симетрії, до якого належить кремній, у системі кристалографічних осей для опису п'єзорезистивного ефекту достатньо знати три коефіцієнти:  $\pi_{11}$ ,  $\pi_{12}$  і  $\pi_{44}$ , які іноді називають головними п'єзорезистивними коефіцієнтами. Головні п'єзорезистивні коефіцієнти залежать від багатьох факторів: від матеріалу, типу провідності, питомого опору, рівня легування, температури, величини механічної деформації (напруги).

У [12,13], наприклад, наведені відомі різні комбінації коефіцієнтів п'єзоопору для напрямів механічних напружень і густини струму, які збігаються

---

<sup>6</sup>*Authors: Gorbachuk Mykola Tykhonovich*



з певними кристалографічними осями. Усі три головні коефіцієнти п'єзоопору можуть бути визначені шляхом трьох вимірювань у різних напрямках. Повний тензор п'єзоопору  $\pi_{ijk_1}$  визначається таким чином:

$$\frac{\Delta\rho_{ij}}{\rho_0} = \sum_{kl}^3 \pi_{ijkl} \sigma_{kl} \quad (1)$$

де  $\sigma_{kl}$  - тензор напруження,  $\Delta\rho_{ij}$  - тензор питомого опору. Відомо, що тензор напруження є симетричним тензором і має шість незалежних компонент. Те саме справедливо і для тензора питомого опору.

З урахуванням сказаного в шестивимірному просторі можна отримати:

$$\frac{\Delta\rho_i}{\rho_0} = \sum_{j=1}^6 \pi_{ij} \sigma_j, i = 1, 2, \dots, 6 \quad (2)$$

Для об'ємного n-Si з рівномірним легуванням і  $\rho = 11,7$  Ом-см у роботі [13] наведено:  $\pi_{11} = -102,2 \cdot 10^{-11}$  м<sup>2</sup>/Н,  $\pi_{12} = 53,7 \cdot 10^{-11}$  м<sup>2</sup>/Н,  $\pi_{44} = -13,6 \cdot 10^{-11}$  м<sup>2</sup>/Н, а для p-Si з  $\rho = 7,8$  Ом-см  $\pi_{11} = 6,6 \cdot 10^{-11}$  м<sup>2</sup>/Н,  $\pi_{12} = -1,1 \cdot 10^{-11}$  м<sup>2</sup>/Н,  $\pi_{44} = 138,1 \cdot 10^{-11}$  м<sup>2</sup>/Н.

У шарах кремнію з дифузійним легуванням п'єзорезистивні коефіцієнти визначаються концентрацією домішки на поверхні шару  $N_d$  [14] і практично не залежать від закону розподілу домішки. З отриманих у цій же роботі результатів видно, що для шарів n-Si коефіцієнт  $\pi_{11}$  при кімнатній температурі змінюється від  $17 \cdot 10^{-11}$  м<sup>2</sup>/Н ( $N_d = 1 \cdot 10^{21}$  см<sup>-3</sup>) до  $88 \cdot 10^{-11}$  м<sup>2</sup>/Н ( $N_d = 1,8 \cdot 10^{18}$  см<sup>-3</sup>). Помітна температурна залежність  $\pi_{11}$  починається з  $N_d = 9 \cdot 10^{19}$  см<sup>-3</sup> (приблизно 0,1 %/К).

У зв'язку з особливостями зонної структури n-Si для слабологованого кремнію справедливі припущення [13]:

$$\pi_{44} \approx 0; \quad \pi_{11} \approx -2 \pi_{12}$$

Зі збільшенням концентрації домішки виникає порушення цих припущень, що необхідно мати на увазі при аналізі характеристик тензоефектів. Для дифузійних шарів порушення відбуваються при  $N_n \geq 5 \cdot 10^{19}$  см<sup>-3</sup> /10, 13/.

Залежно від кристалографічної орієнтації зразка кремнію виходять різні комбінації величин поздовжніх і поперечних коефіцієнтів п'єзоопору. Це важливо враховувати під час розроблення конструкції тензодатчиків і особливо таких, чутливий елемент яких працюватиме в умовах одновісної деформації і складові чутливого елемента будуть орієнтовані як у поздовжньому, так і поперечному напрямках. Використовуючи дані [12] можна порахувати, що для слабологованого p-Si оптимальними співвідношеннями поздовжніх і поперечних орієнтацій є  $110 \perp 110$ , а для n-Si  $100 \perp 010$ . Для зразків слабологованого p-Si з поздовжньою орієнтацією  $\langle 110 \rangle$ , наприклад, можна отримати  $\pi_{II} \approx 72 \cdot 10^{-11}$  м<sup>2</sup>/Н,



а  $\pi_{\perp} \approx -65 \cdot 10^{-11} \text{ м}^2/\text{Н}$  ( $\pi_{\parallel}$  - поздовжній коефіцієнт п'єзоопору,  $\pi_{\perp}$  - поперечний коефіцієнт п'єзоопору).

Аналізуючи відомі в літературі дані можна спостерігати, що і для р-Si в сильнолегованому матеріалі порушуються співвідношення, справедливі для чистого р-кремнію. При цьому тензочутливість для певних напрямків може зростати порівняно з чистим кремнієм, що можна пояснити зростанням внеску важких дірок [10,12,13].

Відомі й низка інших чинників, що помітно визначають характеристики тензодатчика. Наприклад, суттєвим є вплив на параметри тензодатчика його геометричних розмірів. У роботі [8] показано, що не вся деформація передається від досліджуваного деформованого об'єкта до чутливого елемента тензодатчика навіть за найжорсткішого сполучного. Деформація, що передається, залежить від розмірів тензодатчика, його пружних властивостей і властивостей сполучного, за допомогою якого датчик кріпиться до балки. Облік зазначеного ефекту може бути зроблений за допомогою коефіцієнта передачі, величина якого (для випадку, коли тензочутливий елемент розташований у центрі зразка) може бути визначена за формулою [8]:

$$k_{пер} = 1 - \frac{2}{bl} \left( 1 - e^{-bl/2} \right) \quad (3)$$

де  $b = \sqrt{GC/EQ}$ , G - модуль зсуву сполучного, E - модуль пружності чутливого елемента (зразка), Q - площа поперечного перерізу зразка, h - товщина зразка,  $h_c$  - товщина сполучного, l - довжина зразка,

$$C = \frac{2\pi}{\ln 4h_c/h}$$

### Експериментальні результати

Для дослідження і створення вимірювальних перетворювачів використано леговані іонною імплантацією фосфору і бору тонкі полікристалічні плівки кремнію на площині (100) монокристалічного кремнію з ізолювальним шаром SiO<sub>2</sub>. Такі структури можуть бути більш технологічні при використанні планарних технологій виготовлення вимірювальних перетворювачів.

Експериментально виміряно питомий опір  $\rho$ , коефіцієнти поздовжньої  $k_{\parallel} = \Delta\rho_{\parallel}/\rho_{\parallel} - \varepsilon_{\parallel}$  (де  $\Delta\rho_{\parallel}$  - зміна питомого опору вздовж напрямку деформації  $\varepsilon_{\parallel}$ ), і поперечної  $k_{\perp} = \Delta\rho_{\perp}/\rho_{\perp} - \varepsilon_{\parallel}$  (де  $\Delta\rho_{\perp}$  - зміна питомого опору перпендикулярно до напрямку деформації  $\varepsilon_{\parallel}$ ) тензочутливості, коефіцієнти п'єзоопору  $\pi_{\parallel} = (\pi_{11} + \pi_{12} + \pi_{44})/2$  і  $\pi_{\perp} = (\pi_{11} + \pi_{12} - \pi_{44})/2$ , температурна і деформаційна залежності параметрів



експериментальних перетворювачів.

Вимірювання коефіцієнтів п'єзоопору проводили як за допомогою консольної сталевий балки рівного опору вигину, на яку клеєм БФ-2 приклеювали зразок, так і шляхом безпосереднього навантаження зразків. Порівнюючи отримані результати можна поррахувати величину коефіцієнту передачі деформації та оцінити наскільки він збігається з розрахунком теоретично за формулою (3). Плівки використані n-типу на площині (100) кремнію. Товщина плівок 0,6 мкм, концентрація легуючої домішки фосфору  $5 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$ . Питомий опір 0,013 Ом см. Вимірювання проведено на зразках (тензодатчиках) розмірами  $8 \times 0,6 \times 0,4 \text{ мм}$  із плівкою на поверхні (рис. 1).

Під час вимірювань за допомогою балки та використання величини деформації, розрахованої за відомою формулою  $\varepsilon_6 = h\delta/l_6^2$  (де  $h$  - товщина балки,  $l_6$  - довжина балки,  $\delta$  - переміщення вільного кінця балки), було отримано значення коефіцієнтів тензочутливості  $\sigma_{k_{\parallel}}$  ( $\varepsilon_{\parallel} \langle 110 \rangle$ ;  $J_{\parallel} \langle 110 \rangle$ ) і  $\sigma_{k_{\perp}}$  ( $\varepsilon_{\perp} \langle 110 \rangle$ ;  $J_{\perp} \langle 110 \rangle$ ) -27,3 і -2,8 відповідно.

Під час вимірювання тензочутливості методом прямого навантаження зразок консольно закріплювали, і прикладали згинальне навантаження. Похибка вимірювання коефіцієнтів цим методом не перевищувала 4%. За кімнатної температури отримано такі значення:  $\pi_{\parallel} = -24,9$  і  $\pi_{\perp} = -2,4$ . Якщо використати відомі коефіцієнти пружності для кремнію і поррахувати  $k$ , то отримаємо  $k_{\parallel} = -39,1$ ,  $k_{\perp} = -3,8$ . Порівнюючи отримаємо експериментальний коефіцієнт передачі  $k_{\text{пер}}^e = 0,71$

Для порівняння проведено вимірювання методом прямого навантаження. Підставляючи параметри наших умов вимірювання у формулу (3) (для  $h_c = 0,15 \text{ мм}$ ), отримаємо теоретичний  $k_{\text{пер}}^T = 0,68$ . Таким чином визначені експериментально і теоретично параметри передачі деформації практично збігаються.

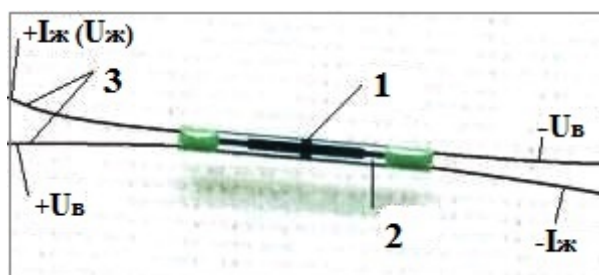
Також встановлено, що в іонно імплантованих плівках p-Si з концентрацією домішки  $N_p = (10^{18}-10^{19}) \text{ см}^{-3}$ , наприклад, поздовжній та поперечний коефіцієнти тензочутливості  $k_{\parallel}$ ,  $k_{\perp}$  ( $k = \Delta\rho/\rho_0\varepsilon$ ,  $\varepsilon$  - відносна механічна деформація) для поздовжньої орієнтації  $\langle 100 \rangle$  були близькі за величиною та становили величини не менші, ніж  $k_{\parallel} \approx k_{\perp} = 30$ . Ця властивість може бути використана при конструюванні топології тензосхеми. Ефект може пояснюватися полікристалічністю плівки та особливостями зонної структури p-кремнію, що може визначати тензоефект легкими дірками в слабологованому матеріалі, а в



сильнолегованому їхній внесок зменшується.

Як показано в [15] механізм передавання деформації від об'єкта до датчика призводить до того, що в разі співвідношення ширини  $d$  датчика до висоти  $h$   $d/h < 2$  поперечна деформація об'єкта практично не передається на його поверхню. Цю властивість використано під час виготовлення експериментальних тензодатчиків (вимірювальних перетворювачів).

Для виготовлення вимірювальних перетворювачів механічної деформації використано плівки полікремнію  $n$ - і  $p$ -типу провідності, товщиною  $0,6$  мкм і рівнями легування  $10^{17} - 5 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$ . В основному в експерименті використовувалися зразки з плівками  $p$ -типу поздовжньої орієнтації  $\langle 100 \rangle$ , а поперечної  $\langle 010 \rangle$ , оскільки для сильнолегованого полікристалічного  $p$ -кремнію поперечний і поздовжній коефіцієнти для цієї орієнтації, як показано вище, близькі за величиною. Легуючою домішкою для  $p$ -кремнію слугував бор.



**Рис. 1 - Датчик деформації:** 1- тензочутлива мікросхема; 2 - підкладка; 3 - електричні виводи;  $I_{ж}(U_{ж})$  – струм (напруга живлення),  $U_{в}$  - вихідна напруга.

На рис.1 показано зображення одного з типів перетворювачів деформації (механічних напруг) і полярність підключення живлення та вимірювальних приладів. Він складається з інтегрального чутливого елемента 1, виконаного на основі плівки кремнію, нанесеної на підкладку 2 з монокристалічного кремнію з шаром окислу  $\text{SiO}_2$  на поверхні. Електричні виводи 3 виготовлені з алюмінієвого дроту  $d=80$ мкм, кінці якого забезпечені смужками металу, що піддається пайці звичайним припоєм. Конструкція та інтегральне виконання чутливого елемента датчика забезпечують термокомпенсацію основних параметрів, компенсацію впливу магнітного поля і відсутність поперечної тензочутливості. Розмір бази датчика  $8$ мм, вхідний  $R_{вх}$  і вихідний  $R_{вих}$  електричні опори залежать від рівня легування і товщини плівок і перебувають у межах  $200-3000$  Ом, струм живлення залежить від величини опору і, зазвичай, перебуває в межах  $1-10$ мА. Різниця у



величинах електричного опору датчиків однієї партії не перевищує 5%, а за необхідності партія датчиків може бути сформована з практично ідентичних за технічними характеристиками.

Принцип роботи тензодатчика полягає у зміні електричного опору резистивних елементів інтегральної мікросхеми під час прикладання механічної деформації уздовж осі датчика, розкомпенсації мікросхеми та появи, внаслідок цього, електричної напруги  $U_B$  на вимірювальних контактах при живленні датчика струмом або напругою (див. мал.1). Попередньо проградувавши датчик, тобто отримавши залежність вихідної напруги  $U_B$  від величини механічної деформації  $\varepsilon$ , надалі за величиною вихідної напруги датчика, жорстко закріпленого на об'єкті, визначають деформацію об'єкта:

$$\varepsilon = (U_B - U_0)/k \quad (4)$$

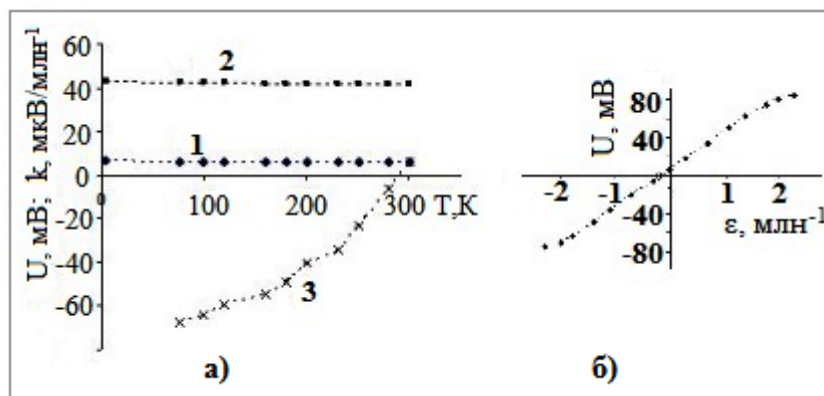
де  $U_B$  - вихідний сигнал датчика після появи деформації  $\varepsilon$  досліджуваного об'єкта,  $U_0$  - початковий вихідний сигнал, який вимірюється після монтажу датчика на об'єкт,  $k = \Delta U_B / \Delta \varepsilon$  - тензочутливість датчика.

Для монтажу датчика на об'єкт дослідження можуть бути використані широко застосовувані в тензометрії клеї БФ-2, ВС-350 та інші, що забезпечують достатню жорсткість монтажу. Допустимість використання цього сполучного матеріалу може бути перевірена за величиною повзучості показань датчика після навантаження повірочної балки, яка не повинна перевищувати допустимої похибки вимірювань.

Нижче наведено результати докладнішого дослідження вимірювальних перетворювачів з  $R_{вх} = 1.7$  кОм ( $N_p = 10^{18}$  см<sup>-3</sup>). Тензочутливість при струмі живлення 2 мА приблизно 42 мкВ/млн<sup>-1</sup>. Величина нульового (початкового) вихідного сигналу датчика  $U_0 \sim 6.2$  мВ і за необхідності може бути підігнана близькою до нуля. Температурна залежність тензочутливості не більше 0,02 % /К,  $U_0 \sim 8$  мкВ/К,  $R \sim 0,03$  % /К. Характеристики можна змінювати, наприклад, збільшуючи струм живлення (не допускаючи перегріву і неприпустимих шумів) збільшити вихідний сигнал.

На рис.2 (а) показано залежності від температури нульового вихідного сигналу  $U_0$  (відносна деформація  $\varepsilon=0$ ) (1), тензочутливості  $k = \Delta U_B / \Delta \varepsilon$  (2) і вихідного сигналу датчика  $U_B$ , наклеєного на сталеву пластинку (3). Останній відстежує термічні напруги.

На рис.2 (б) показано залежність вихідної напруги  $U_B$  від величини прикладеної деформації. Графік свідчить про хорошу лінійність характеристики



**Рис. 2. а) - температурні залежності нульового вихідного сигналу  $U_0$  (відносна деформація  $\epsilon=0$ ) (1), тензочутливості  $k = \Delta U_B / \Delta \epsilon$  (2) і вихідного сигналу датчика  $U_B$ , наклеєного на сталеву пластинку (3). б) - залежність вихідної напруги  $U$  від величини прикладеної деформації  $\epsilon$ .**

до деформацій  $1 \cdot 10^{-3} \text{ млн}^{-1}$ . Тензочутливість дослідженого датчика, як видно з графіка, дорівнює  $42 \text{ мкВ/млн}^{-1}$ .

Експериментально спостережувана нелінійність після  $\epsilon > 1 \cdot 10^{-3} \text{ млн}^{-1}$  може бути пов'язана як з електрофізичними властивостями чутливої плівки кремнію, так і з властивостями сполучного.

На наш погляд для розглянутих датчиків головним недоліком може виявитися повзучість показань. Вона зумовлена досить жорсткою конструкцією перетворювача, яка потребує відповідного сполучного для кріплення датчиків на об'єкт. Шляхами зменшення повзучості можуть бути подальша оптимізація конструкції та форми датчика, підбір сполучного.

## Висновок

У роботі розглянуто п'єзоефект у напівпровідниках типу кремнію, проаналізовано теоретичні принципи роботи напівпровідникових тензодатчиків. Наведено результати дослідження розроблених і виготовлених експериментальних зразків вимірювальних перетворювачів деформації на основі плівок кремнію на кремнієвих підкладках і проаналізовано їхні характеристики. Запропоновано варіанти вдосконалення вимірювальних перетворювачів. Перевагами запропонованих конструкцій і технологій вимірювання є висока тензочутливість, простота перетворення вимірюваного параметра в електричний сигнал, температурна компенсація вихідних параметрів перетворювачів.

**KAPITEL 7 / CHAPTER 7<sup>7</sup>****ANALYSIS OF THE TECHNOLOGIES OF PRE-SCREEN TOUCH PANELS****DOI: 10.30890/2709-2313.2023-23-01-021****Introduction**

In today's world, the technology of pre-screen touch panels has become an integral part of the user interface in a variety of electronic devices, from smartphones and tablets to ATMs and automotive control systems. This technology provides the ability to interact directly with electronic devices, allowing you to perform actions on the screen through simple gestures and touch.

A pre-screen touch panel [1] – is an electronic visual display capable of detecting and localizing touch in the display area. This technology simplifies the interaction between a person and a device by replacing most mouse and keyboard functions.

The development of modern screens requires constant improvement of these technologies. The details of the technical functionality of pre-screen touch panels include the ability to respond to different types of impact and provide advanced functions.

The analysis of the technologies of pre-screen touch panels is carried out to unlock the potential of these innovative solutions and improve their functionality, reliability and efficiency. Pre-screen touch panels are setting new standards for human interaction with electronic devices by enabling control and interaction through gestures, touch, and motion, making them essential for modern consumers and industrial applications. However, achieving optimum performance and quality requires a thorough understanding of technical specifications and functional features.

**7.1. Technical features and principles of operation of the pre-screen touch panels**

Pre-screen touch panels [2] – are an integral part of modern technology that allows users to interact with electronic devices using touches and gestures. For a detailed analysis of the technologies of pre-screen touch panels, let's look at their structure and principles of operation.

---

<sup>7</sup>*Authors: Romanyuk Oleksandr Nykyforovych, Zakharchuk Maksym Dmutrovich, Titova Nataliia Volodymyrivna, Romanyuk Serhii Oleksandrovych, Stakhov Oleksii Yaroslavovych*





The main components of pre-screen touch panels include [3]:

- touch sensor: a transparent glass panel with a touch-sensitive surface used to detect the very fact of touching the touch panel, which allows the pre-screen panel to respond to physical contact with the user;
- software driver: this is the operating system-level software that allows the on-screen touch panel and the computer to communicate. The software driver receives data from the controller and interprets it, converting the user's touches and gestures into commands that the operating system understands;
- controllers: a hardware chip that supplies power to the sensor panel and functions as an intermediary between the touch sensor and a computer or other device. The controller receives information from the sensor and converts it into signals that the computer can understand;
- tempered glass: special tempered glass that separates the user from the sensor itself and protects the touch sensor from scratches, shocks, and other mechanical damage.

The principle of a pre-screen touch panel is [4] to accurately detect the location of a touch or other interaction, such as swiping or gestures. The process of touch sensing is to accurately determine where the user touches the sensor panel on the pre-screen touch panel. This is achieved by measuring the difference in electric current, voltage, or other parameters that occur during physical contact.

The pre-screen sensor panel consists of two transparent dielectric materials separated by an insulated space. When a conductive object, such as a finger, touches the screen, it causes changes in the electric current. The sensor panel has two transparent grids printed on polyester with an optically transparent insulator in the middle. The conductive layer (often indium tin oxide or ITO) acts as a conductor and creates a capacitive capacitor. When an object touches the screen, this process disturbs the electric field, measuring the change in capacitance. The pre-screen touch panel system actively measures each column individually, using an electric field sweep along the rows and columns. This approach allows us to determine the exact place of touch and other characteristics of user interaction with the screen [5].

Different types of touch technologies, such as capacitive, resistive, optical, acoustic, and others, use different measurement methods, but the general principle is to accurately determine the location of a touch and other user interactions with the screen.

Pre-screen touch panels support various ways of user interaction, which makes



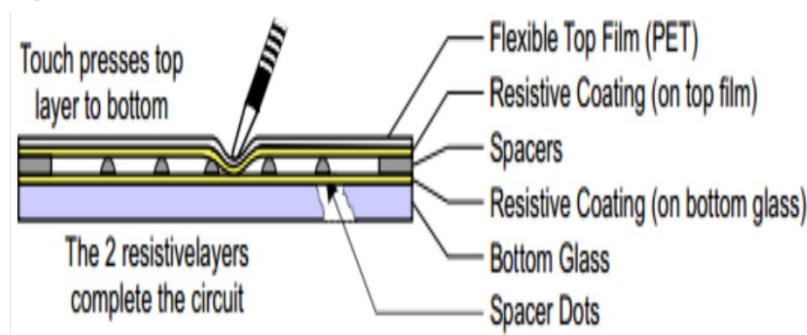
them versatile and easy to use. Here are some of the basic principles of interaction [6]:

- one-touch: use a single touch to select an object or perform an action, such as opening an app or selecting an item;
- double-tap: double-tap is often used to perform various functions, such as zooming the display or selecting text;
- touch and hold: this option allows you to select objects for further dragging and other actions. This principle can also be used to unlock the screen or turn the device on/off;
- swipe: you can enter text or navigate pages and close apps by swiping your finger across the screen;
- finger swipe: you can zoom in and out of the display by swiping two fingers.

## 7.2. Technologies of pre-screen touch panels

### 7.2.1. Resistive pre-screen touch panels

The resistive pre-screen touch panel [7] – is a technology that has become widespread due to its simplicity and low production cost. This technology is used to determine the coordinates of the touch point on the screen, allowing users to interact with the device through physical contact. The principle of operation of a resistive touch panel is shown in Figure 1.



**Figure 1 - Resistive touch panel in front of the screen**

As can be seen from Figure 1, the resistive pre-screen touch panel is covered with two layers of resistive flexible sheets [8]. The first layer is of the digital matrix type, which forms a mechanical XY plane and has a flexible top surface and a conductive ITO surface below, which contact each other when an object is touched. The second layer is analogue, consisting of a flexible surface in contact with the user and a rigid



part covered with ITO, which are separated by microdots. Thus, when the object is pressed, the resistive layers come into contact with each other, which leads to a circuit closure. The controller can notify of touch events and perform calculations that are sent to the software driver.

To determine the coordinates of the touch point, the resistive touch panel uses a special controller that monitors changes in resistance between the two layers. Below is the formula for calculating the coordinates of the touch point:

$$X = \left( \frac{R2_x}{(R1_y + R2_y)} \right) * \text{panel width},$$

$$Y = \left( \frac{R2_y}{(R1_x + R2_x)} \right) * \text{panel height}$$

where  $R1_x$  and  $R1_y$  – are the resistance of the first layer in the X and Y directions, respectively,  $R2_x$  and  $R2_y$  – are the resistance of the second layer in the X and Y directions respectively.

Resistive touch panels have several advantages [9]. Firstly, their low production cost makes them affordable for a wide range of devices. This makes them attractive to manufacturers seeking to reduce production costs while maintaining affordable prices for consumers. Secondly, resistive touch screens have a high sensitivity to touch, which allows users to interact with devices accurately and easily. This is especially useful for precision operations and handwriting recognition. Thirdly, these panels can be activated by various objects, including styluses, which expands their capabilities and use.

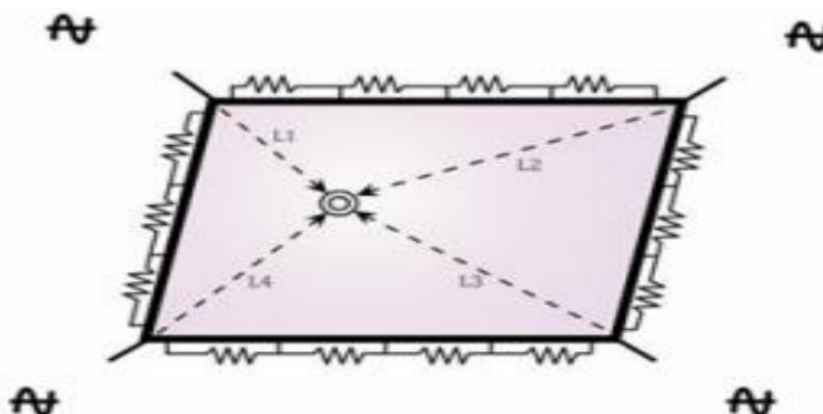
However, resistive touch panels also have some disadvantages. Firstly, poor light transmission leads to a limited transparent display on the screen and requires bright backlighting. Secondly, these panels usually do not support multi-touch, which limits their capabilities in gesture-based interfaces and multimedia applications. Third, they are unable to detect the force of pressure. Another disadvantage is that resistive touch panels are vulnerable to mechanical wear, which can lead to a shorter service life than the device itself.

### 7.2.2. Capacitive pre-screen touch panels

A capacitive pre-screen touch panel [10] – is a technology for interactive devices to interact with the user, based on the ability to detect the touch of a human finger or other conductive object on the surface of glass or another transparent insulator. It works through the formation of dynamic capacitors under the insulator, which allows



determining the exact location of the touch and other user movements by responding to changes in capacitance between the conductive layer and the touch object (Figure 2).



**Figure 2 - Capacitive pre-screen touch panel**

As you can see in Figure 2, a capacitive touch panel works by changing the capacitance when an object touches the screen. As long as nothing is touched, a small amount of current flows through the display. However, every time an object (e.g., a user's finger) touches it, it causes a voltage drop at the point of contact [11]. When an object touches the screen, it creates some interference effect, which leads to a voltage drop at the point of contact. This is created by the interaction between the insulating layer and the conductive panel, where the conductivity changes due to the touch. Oscillators are placed at each corner of the touch panel to determine the exact point of contact. The capacitance can be calculated using the oscillator capacitance formula:

$$C = \frac{e_0 * e_r * A}{d}$$

, where  $C$  - is the oscillator capacitance,  $e_0$  - is the dielectric constant,  $e_r$  - is the dielectric constant of the material between the conductive layer and the object of contact,  $A$  - is the oscillator area that changes during contact, and  $d$  - is the distance between the conductive layers.

Touching an object affects the capacitance at each of these angles. After the object is touched, the capacitance changes. The controller system measures the change in capacitance at each corner. Using differential changes in the frequency of the oscillators determines the location where the touch occurred. Oscillators are located at each corner of the touch panel. Information about the point of contact and coordinates is sent to the controller for further processing. This allows you to determine exactly where the object was touched and respond accordingly.



Capacitive touch panels have two main modes of operation that affect their ability to register touches [12]:

1. Surface capacitive technology: in this mode, only one side of the insulator is covered with a conductive layer. Each time the user's finger touches the screen, a dynamic capacitor is created. The controller then detects the position of the touch by measuring the change in capacitance at the four corners of the screen.

2. Design-capacitance technology: in this technology, the conductive layer is etched to create a grid of electrodes in the horizontal and vertical directions. Each cross-point of the grid functions as a separate capacitor. This system can provide greater accuracy and the ability to detect multiple touches simultaneously.

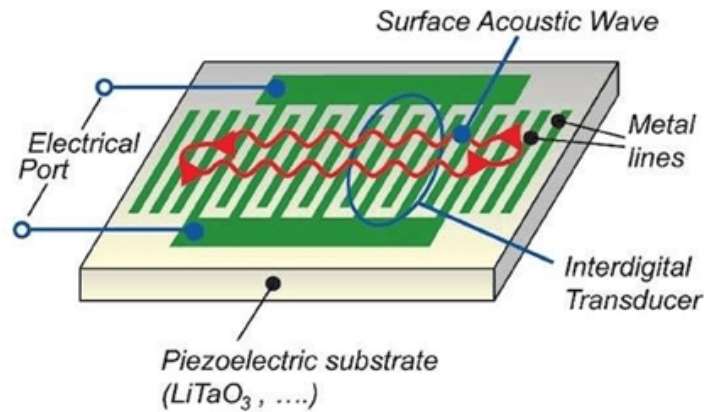
Capacitive touch panels differ from other technologies in their ability to respond to physical contact. Capacitive sensors require electrical contact with a conductive object, usually a finger. They do not respond to non-conductive objects, such as ordinary styluses. An important feature of capacitive touch panels is their fast response time and ability to display clear images without the need for strong pressure on the screen. Also, capacitive touch panels support multi-touch gestures, which allow users to interact with the device through gestures such as pinching, swiping, rotating, and other similar movements.

Despite their many advantages, capacitive touch panels have their limitations. First of all, capacitive panels do not respond to non-conductive objects, which can limit their use in various situations. Also, electromagnetic bands can affect the operation of capacitive touch panels, which can lead to incorrect touch response. In addition, capacitive touch panels require physical touch to interact with, which limits their use in environments where touch is not appropriate or desired.

### ***7.2.3 Acoustic surface wave (SAW) type***

Acoustic surface wave (SAW) [13] – is a touch panel technology that uses the effect of acoustic waves to determine the coordinates of a touch point on the screen.

This technology involves applying glass with transmitting and receiving transducers to a surface located on both sides of the X and Y axes. When an object touches the surface, electrical signals are generated, which are converted into ultrasonic waves that are transmitted through the screen using reflectors. The other end of the sensor receives the reflected waves, forming the X-Y coordinate plane (Figure 3).



**Figure 3 - SAW technology for front-of-screen touch panels**

Touching an object interrupts the invisible waves, causing a touch event [14]. The controller is responsible for sending electrical energy to the transducer and processing the signals received from the receiving sensor.

$$X = \frac{V_p * t}{2}$$

$$Y = \frac{V_s * t}{2}$$

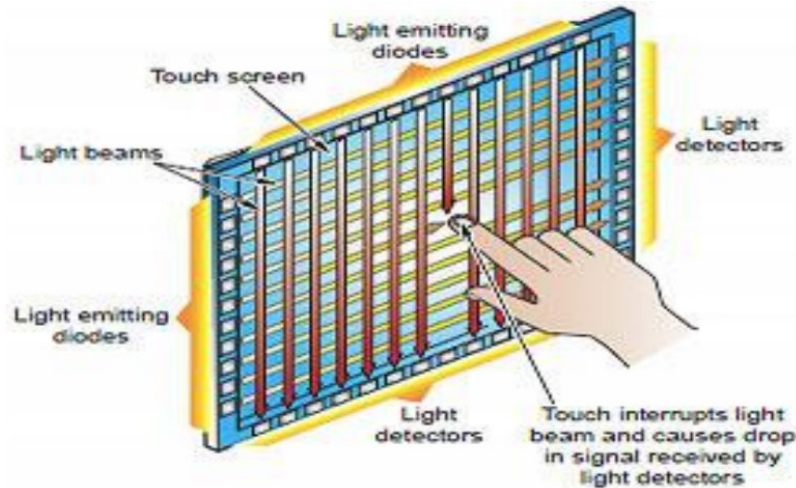
, where  $V_p$  - is the velocity of acoustic waves in the X direction,  $V_s$  - is the velocity of acoustic waves in the Y direction.  $t$  - is the delay between sending an acoustic wave and receiving it at the receiving sensor.

The velocity of acoustic waves usually depends on the material of the touch panels and can be measured experimentally for a particular panel. Latency can be measured electronically and represents the time between the sending of an acoustic wave and its reception at the receiving sensor. This delay helps determine the travel time of the acoustic waves from the transmitting sensor to the receiving sensor.

#### **7.2.4. Infrared pre-screen touch panels**

Infrared touch panels [15] – are touch devices that detect user touch on a surface using infrared light and photo sensors (Figure 4).

The technology of infrared touch panels is based on the use of infrared light and photo sensors to detect user touch on the screen. The main components of this technology are LEDs, which emit infrared rays, and phototransistors, which receive infrared light. The LEDs are arranged along two adjacent sides of the touch screen, creating an invisible grid of infrared rays that intersect in vertical and horizontal



**Figure 4 - Infrared grid technology for touch panels**

patterns. When a user touches the screen with a finger or other object, it interrupts the infrared rays at a specific point on the screen. This interruption results in a lack of infrared light on the phototransistors, and this information is immediately transmitted to the touch panel controller. The controller processes the ray interruption information and determines the exact coordinates of the touch on the screen. This information is then used to interact with the device and perform various actions, including moving the cursor, selecting objects, and performing gestures [16].

The advantages of infrared touch panels include their high quality: infrared touch panels provide high image quality and clarity because they do not require additional layers on the screen; and their ability to register opaque objects: infrared touch panels can register almost any opaque object, such as a finger, gloved finger, stylus, or pen.

The main disadvantages of infrared touch panels include the sensitivity to dirt and dust of touch panels like other types of touch panels, infrared panels are exposed to dirt and dust, which can lead to incorrect operation; the inability to determine the force of pressing. The main disadvantage is the accuracy of coordinate determination: compared to other touch technologies, infrared touch panels have lower accuracy in determining the coordinates of touch, which can affect the accuracy of interaction with the device.

#### **7.2.5. Optical pre-screen touch panels**

Optical technology of pre-screen touch panels [17] – is a technology that uses optical sensors to register touch. They are based on the principle of using infrared light



to determine where an object touches the screen surface.

$$X = \frac{(\text{Horizontal resolution}) * (\text{Interrupt column number})}{(\text{Total number of columns})}$$
$$Y = \frac{(\text{Vertical resolution}) * (\text{Interrupt line number})}{(\text{Total number of rows})}$$

Optical touchscreens are a modern touch panel technology that uses two or more image sensors, usually CMOS sensors, positioned along the edges or corners of the screen. This technology is also known as "optical touch technology". Optical touch panels can detect touch by relying on an infrared light that is located on the opposite side of the screen. When an object touches the screen, some infrared rays are blocked, and the location and size of the object that made the touch are immediately calculated [18].

Optical touchscreen imaging technology is based on the use of optical sensors and infrared light. Typically, there are two infrared image sensors on top of the screen, which are used not only as sensors but also as sources of infrared light. The infrared light is emitted from these sensors and reflected by reflective tapes placed around the screen. When an object touches the touch panel, some of the rays are blocked, and this shadow is created on the image sensors, indicating the place of contact. The touch panel controller processes the information provided by the image sensors and determines the coordinates of the exact touch on the screen.

Optical touch panels have several important advantages. First, they are scalable, making them ideal for large touch panels. Second, this technology is versatile because it can respond to a variety of objects, including fingers, styluses, and other opaque objects[19].

Optical touch panels also have some disadvantages. First, they are highly sensitive to dirt and dust, which can interfere with the proper operation of the sensors. This can lead to instability of the touch panel and requires regular cleaning. Secondly, optical touch panel technology requires light to function properly, which can create limitations in low-light conditions.

### **7.2.6. PCAP technology**

PCAP (Projected Capacitive Touch Screen) technology [20] – is a modern touch panel technology that uses the capacitive principle to determine the position and interaction of a user's finger or other conductive objects on multimedia devices such as





smartphones, tablets, and other touch devices. They are characterized by multi-touch capabilities and high scratch resistance.

PCAP touch panels work based on the capacitance principle. They contain an electrode network that creates an electromagnetic field under the screen's protective glass. The basic principle is that when the user's finger or other conductive object touches the glass surface of the screen, it changes the capacitance of this field in a specific area.

PCAP (Projected Capacitive Touch Screen) touch panels have several important advantages. First of all, they provide multi-touch interaction, which allows users to interact with the screen using up to ten touches simultaneously [21].

The main disadvantage of this technology is the lack of the ability to measure the force of pressure, which can be important in some applications where the reaction to a forceful touch is important.

### ***7.2.7. Acoustic Pulse Recognition Technology***

Acoustic impulse recognition technology [22] – is an innovative method of interacting with a touch panel based on the analysis of sound waves that arise as a result of a user touching the panel surface.

When the user touches the surface of the touch panel, it creates a sound wave in the substrate that propagates through the screen material. A touch screen is equipped with several tiny sound transducers that are attached to the edges of the screen. These transducers register sound waves that travel across their surfaces. The sound signal registered by the transducers is converted to a digital signal and digitized. This signal is compared to a list of pre-saved sound profiles, each of which corresponds to a specific position on the screen surface. By comparing the sound signal with the list of sound profiles, the technology determines the user's touch point. The speed of the technology's response allows it to track the user's finger movements on the screen. The technology ignores extraneous and ambient sounds, as they do not match any of the stored sound profiles. This allows for an increase in the accuracy of touch recognition and avoids accidental interference [23].

The advantages of acoustic pulse recognition technology include high durability and optical clarity. Touch panels using this technology typically have a glass surface, which makes them extremely durable and ensures high display quality. Scratch and dust resistance is another advantage of this technology. Even if there are scratches and dust on the surface of the screen, it can maintain its accuracy. The ability to recognize



the touch of any object, including gloved fingers, makes this technology very versatile and user-friendly. In addition, the technology is ideal for large touchscreen displays, such as TVs or interactive whiteboards, due to its ability to work with different display sizes [24].

The disadvantage of this technology is the inability to detect a user's fixed finger after the first touch. This can limit the ability to interact with some applications and interfaces that require steady contact with the screen.

## **Conclusion**

The presented work investigated the modern technologies of pre-screen touch panels used in various electronic devices and interactive systems.

КАПИТЕЛ 8 / CHAPTER 8<sup>8</sup>

## THEORY AND METHODS OF ARTISTIC AND DESIGN ACTIVITY

DOI: 10.30890/2709-2313.2023-23-01-004

**Вступ**

Сучасна культурна парадигма передбачає відсутність будь яких канонів проектування архітектурного середовища, пріоритетним є його «емоційне насичення» та комунікативні і знакової функції. Емоційним камертоном середовища вважають мистецтво, тому проектні інновації спрямовують в царину сучасної художньої діяльності. На появу нових форм синтезу проектної діяльності і мистецтва звертають увагу А. Аронов, М. Барсукова, В. Глазичев, М. Морозова, С. Михайлов, В. Розенсон, Н.Чернишов та інші.

Аналіз теорії і практики художньо-дизайнерської діяльності виявив провідні тенденції та пріоритети: орієнтування цієї діяльності на обмін цінностями, створення комунікативного тла засобами мистецтва; зміщення акцентів з вузько профільної діяльності на культуру творчу в широкому розумінні цього слова. Розглянуто гуманістичні, семантичні аспекти, психологія сприйняття середовища, роль і місце твору мистецтва в архітектурному середовищі тощо. Встановлено, що саме *мистецтво* створює емоційний місток між людиною та навколишнім світом, є системоутвірною основою в цьому процесі. Задекларовано, що *художньо-дизайнерська підготовка* передбачає набуття досвіду організації умов для «спілкування мистецтвом»; опанування методів створення *естетичної атмосфери* середовища. Визначені особливості *художньо-дизайнерської інтерпретації* творів мистецтва в архітектурному середовищі, яки полягають в порушенні усталених норм та стереотипів задля активізації процесу художньої комунікації та формування особистісних естетичних відносин середовища та індивіда.

Наукові дослідження в сфері середовищного проектування належать, в основному, фахівцям з архітектури та дизайну (Ю.Анісімов, Є. Беляєва, О. Генісаретський, В. Глазичев, О. Гутнов, А. Єрмолаєв, А. Єфімов, А. Іконніков, К. Кияненко, М. Лазарева, Г.Мінервін, В. Моор, Г. Паяслян, А. Раппопорт, И. Розенсон, В.Сидоренко, В. Шимко, и пр.). Накопичено великий теоретичний

---

<sup>8</sup>Authors: Tsyrikova O.M.



потенціал і практичний досвід щодо реалізації середовищного підходу. Однак, в художньому дизайні архітектурного середовища середовищний підхід реалізується переважно інтуїтивно. Не існує методичного обґрунтування та цілеспрямованого забезпечення естетичної складової середовищних утворень. Художня творчість не спирається на потреби «способу життя», не ставить за мету утворення особливої середовищної атмосфери, стилістичних єдностей тощо. Тому актуальним вважаю розстановку орієнтирів художньої середовищної діяльності.

### **8.1. Середовищний підхід - базовий метод художнього дизайну.**

Актуальність дослідження обумовлена загальною «дизайнерізацією» сучасного життя. Середовищний дизайн розглядається фахівцями як експансія власного «я» людини на оточуючу дійсність, яка сама стає твором середовищного мистецтва. Художній дизайн архітектурного середовища постає засобом виявлення відносин між людиною та світом речей, перетворення системи речей в систему образів. Виступає універсальним засобом комунікації людини з її оточенням, метамовою для транслювання уявлення людини про світ. Художньо-дизайнерська діяльність в архітектурному середовищі проявляється в проектному перетворенні прагматичних вимог в естетичні цінності.

Художньо - дизайнерська діяльність базується на комплексі науково - філософських поглядів на особистість, суспільство та середовище у їх взаємодії та взаємозалежності (П.Гуревич, Б.Єрасов, М. Каган, А.Коган, Н.Чавчавадзе та ін.). Складність та різноманітність завдань утворення середовища, загострення проблеми «обжиття» та «одушевління» архітектурних просторів вимагають використання художньої мови в якості засобу проектування. Художник в світлі вимог часу виступає як митець, проектувальник, професіонал – ремісник, дизайнер конкретної ситуації, контексту; його естетичні цінності знаходяться у руслі переживань пластичних якостей предметного простору. Художник середовища - новий універсальний проектувальник, у якого відсутні консерватизм та обмеженість вузького фахівця, який проникає в світ уяви споживача, в світ сучасних технологій, матеріалів. Його професійно - художня культура вміщує володіння багатьма засобами вираження мислі, розуміння соціокультурної ситуації сьогодення, відчуття тенденції розвитку сучасної



художньої культури, орієнтування в питаннях екології, технології, економіки, організації архітектурно - дизайнерської діяльності, матеріалознавства тощо. Професійна діяльність фахівця в царині мистецтва проектування середовища надбудовується над раціональними функціональними та технічним рішеннями, спрямованими на створення матеріального середовища – просторово-часової та предметної структури для основних процесів життєдіяльності людини та суспільства та безпосередньо вплетена в матеріальну практику. Вона здійснюється на перетині різних сфер художньої творчості, що безпосередньо формують предметно - візуальну реальність: архітектури, дизайну, мистецтва організації середовища, різних областей матеріально - художньої культури, промислового дизайну, декоративно-ужиткового, оформлювального мистецтва, мистецтва експозиції, театру, кіно, тощо.

Дослідники виокремлюють два боки цієї діяльності. У першому випадку переважає почуттєве вираження та оформлення внутрішнього життя предметів, їхня краса; у іншому - ідейно - емоційний план, виражений через художній образ твору мистецтва.

Особливість художньої діяльності вбачають в цілевизначенні, засобах вираження та споживання. Для неї характерні ретроспективність, історизм, володіння актуальною візуалістикою; зіткнення структурної визначеності, закінченості, тектоничності формоутворення із спонтанністю, непередбаченістю, відчиненістю, ескізністю пластичних рішень; врахування антифункціоналістських тенденцій, естетики ескізності, спонтанності, прагнення оживлення середовища, діалогу зі споживачем.

Розглядання художньої системи середовища в процесі розвитку, відчуття цінності традиційного середовища, пошуки сучасного стилю не обмежують тему «мистецтво в архітектурному середовищі» розміщенням твору мистецтва. Художня діяльність та її результати виступає як узагальнююча деталь, що веде до цілісності. Орієнтиром для неї слугує ідеальна модель способу життя на рівні образної уяви, доповнена силою звичаїв та традицій; образ, що поєднує об'єктивні та суб'єктивні сторони ситуації: соціально – економічні умови та особистісний спосіб життя.

Розуміння художньо – дизайнерської діяльності в архітектурному середовищі як культурної зумовлює її специфіку та специфічні сфери:

Перша – предметна, що має розвиток у різних просторово-часових межах, виявляє себе як зовнішня, внутрішня, ближня, дальня, доступна, потенційна,



реалізована тощо. До складу цієї сфери входять: твори мистецтва, сукупність наявних матеріальних виявів художньої культури, художнє оточення, яке створює естетичний образ середовища; певним чином організованих предметних результатів художньо-творчої діяльності.

Друга - особистісна, що має колективні, групові, особистісні прояви в діяльності та свідомості в таких формах: художня діяльність на підставі врахування місцевих традицій; реалізація естетичних функцій різних видів мистецтва; творча діяльність, визначена інтересами та потребами користувача; відносини людей із реаліями культури, естетичним оточенням; взаємодія колективних, групових, індивідуальних проявів естетичної свідомості, естетичних уявлень та оцінок, які складають «зону» засвоєного та прийнятого людиною соціокультурного досвіду, атмосферу естетичного спілкування; естетичні якості особистості.

Об'єктивною реальністю сьогодення постає множина рівноправних культурних стереотипів. Сучасне середовище повинно пропонувати різноманітність форм поведінки та діяльності людини, віяло рівнозначних правильних напрямів власного розвитку, можливість індивідуального вибору. Якщо розглядати середовище як постійну взаємодію людської спільноти і предметно-просторового оточення, різноманітних систем діяльності та форм поведінки, побачимо, що зв'язуючою ланкою цих складних структур є людина. Всі зазначені елементи об'єднує суб'єктивність сприйняття середовища, емоційних образів, що утворюються завдяки зіткненню з ним.

Середовище, відчужене від людини сприймається як скупчення відокремлених об'єктів та явищ на всіх рівнях її системи: будинок – як сума приміщень; інтер'єр – як сума речей; процес – як сума заходів тощо. Мале утворюється без урахування більшого. Структура більшого не покладає обов'язків на формування об'єктів, розташованих в його межах. Таке середовище не є інтеграційним та інтегрованим, естетичні якості його обмежені. В іншому випадку, за свідомством дослідників (Н.Гонтаровська, І.Кашекова, Л.Печко, Н.Шишляннікова), формування структури середовища орієнтовано на низку центральних блоків, системо твірною основою яких є образно чуттєвий матеріал мистецтва, що створює емоційний місток між людиною та навколишнім світом, передбачає «спілкування мистецтвом»; створення особливої естетичної атмосфери; наявність своєрідного іміджу, який відзначає саме цей об'єкт від інших; пропонують різноманітні форм поведінки та діяльності людини, віяло



рівнозначних правильних напрямів розвитку середовища.

Центр уваги художника середовища зміщується з окремих технологічних процесів на визначення принципових морально-естетичних характеристик, які складають зміст середовищ різнорідних підсистем. Ці характеристики обумовлені роллю кожної з підсистем у загальному образному устрої твору «середовищного мистецтва». Проектування системи художніх впливів на особистість, естетичної атмосфери та настанови, створення образу середовища потребує використання середовищного підходу в професійній діяльності художника середовища.

Середовищний підхід - міждисциплінарний підхід до аналізу і утворенню середовищних об'єктів, універсальна категорія, що зафіксована як перспективна на рівні Всесвітніх доповідей ЮНЕСКО. Це система відношень між різними елементами, спрямована на гармонізацію середовища, досягнення його цілісності. Це своєрідний каталізатор інтеграційних процесів, який має на увазі налагодження сукупної незаперечної діяльності всіх компонентів архітектурного середовища у спільному ціннісно - емоційному ключі, внесення принципів гармонії в цю діяльність. Унаслідок застосування середовищного підходу створюється відкрита система фундаментальних принципів на рівні цінностей, сенсів, значень, яка забезпечує умови для встановлення багатогранних зв'язків між предметами, явищами, галузями знань, видами діяльності тощо. Середовище стає інтегрованим і інтеграційним. Перше - якість, наслідок цілеспрямованого впливу зовнішніх та внутрішніх факторів, відбору значущих компонентів і встановлення гармонійних взаємозв'язків між ними. Друге - властивість, що виявляється у здатності середовища здійснювати інтеграційний вплив на елементи середовища.

Середовище трактують як єдність «оболонки» (предметно-просторового оточення) та життєвого наповнення (функціональних процесів). Різноманітність функцій обумовлює різноманітність форм, які, у свою чергу, утворюють багатство і різноманітність вражень. Єдність середовища визначається цілісною структурою, яка не охоплює всього простору, а створена з серії головних вузлів, з'єднаних лінійними елементами.

Відтак, ціле уявляємо як силове поле, в якому взаємодіють системи нерівнозначних, індивідуальних за своїм характером центрів. Кожного моменту всі системи утворюють єдиний комплекс, уточнюючи стан цілого у хромotropі. Ціннісні інтеграційна основа та вісь, сформовані мистецтвом, створюють



«каркас» системи, на них орієнтуються всі різноманітні елементи середовища. Ця система функціонує в «силовому полі», що впливає на особистість з максимальною ефективністю. В спільному інтеграційному полі здійснюється алгоритм «від почуттів до усвідомлення і далі до етично - зумовленої діяльності». Як відмічає В.Шимко, кожна система (підсистема) в будь-який момент своєї історії повинна мати композиційну цілісність: ясну, зрозумілу ідею; усвідомлену акцентно-домінантну структуру; необхідний мінімум активних художніх, морально-естетичних та інших тем, що відповідають загальній образній спрямованості. Сутність руху полягає в переході до все більш високих рівнів організації систем.

Середовищний підхід потребує від усіх елементів, об'єктів і деталей (незалежно від їх надходження та місця в системі середовища) супідрядності, узгодженості впливів, дій. Головною в середовищній специфіці є проблема взаємозв'язку компонентів системи. Отже, постають завдання: виокремити ряд рівнів від елементарних одиниць до комплексу в цілому; знайти зв'язок між цілісністю на рівні структурної одиниці і на рівні середовища.

Для цього О.Гутнов, В.Шимко та ін. пропонують розчленувати великі елементи (тобто все середовище загалом) на структурні одиниці, кожна з яких чітко визначена, тобто має сприйматися як ціле, достатньо характерна за своїми якостями, через що легко розпізнаватиметься закономірність з'єднання таких одиниць в єдиний організм.

Окремі одиниці збираються в більш складні конструкції, які, у свою чергу, розподіляються на класи відповідно до їх ролі в архітектурному середовищі. Кожний з класів також повинен мати особливі риси, які легко розпізнавати. Тобто відокремлений фрагмент цілісності повинен відповідати вимогам: обмеженості; взаємозв'язку, компактності; розпізнавання.

Середовищний підхід виливається в особливу художню діяльність, яка має охоплювати всі виміри реальності, «режисуру» всіх середовищних процесів та структуру їх матеріальної (предметно-просторової) оболонки.

Розширення можливостей середовища (за В.Шимко) здійснюється:

- кількісним ростом нових засобів; формоутворенням;
- якісними трансформаціями всередині старих;
- змінами в суспільній свідомості;
- змінами сприйняття середовища; управління сприйняттям.





## **8.2. Особливості реалізації середовищного підходу в художньо-дизайнерській діяльності.**

Культуротворча парадигма художньо-професійної діяльності передбачає сформовану здатність і потребу митця вдосконалювати себе й світ. Вчені й практики (Н.Ганнусенко, Н.Гонтаровська, І.Кашекова, С.Клепко, Н.Козловська, Л.Масол, Л.Печко, М.Сова, О.Стукалова, Г.Тараскіна, Н. Шишлянникова та ін.) шукають оптимальні форми організації художньо-професійної освіти, які відповідають якісно новому ставленню до майбутньої професійної діяльності. На цьому шляху вони підійшли до ідеї максимального використання середовищного підходу в освітньому процесі, який передбачає постійну взаємодію людської спільноти і предметно-просторового оточення, різноманітних систем діяльності та форм поведінки. Зв'язуючою ланкою цих складних структур є людина. Всі зазначені елементи об'єднують суб'єктивність сприйняття середовища, емоційних образів, що утворюються завдяки зіткненню з ним. Вважають, що образно-чуттєвий матеріал мистецтва, який створює емоційний місток між людиною та навколишнім світом є системоутвірною основою в цьому процесі. Тому сучасна парадигма художньо-професійної освіти орієнтує на залучення кожної особистості до духовно-ціннісної і художньо-творчої діяльності, що передбачає перетворення «гри мистецтвом» у «спілкування мистецтвом»; створення особливої естетичної атмосфери. У зв'язку з цим змінюється розуміння художньо-професійної діяльності дизайнера архітектурного середовища, розширюється її зміст та соціальне наповнення.

Різні аспекти художньо-професійної діяльності розглядали О.Біла, С.Канівець, Л.Масол, Т.Міхова, О.Сорока, О.Хращевська та ін.. Узагальнюючи погляди вчених і застосовуючи середовищний підхід, вважаємо, що художньо-професійна діяльність дизайнера архітектурного середовища містить у собі взаємопов'язані матеріальні і духовні аспекти, які мають особистісний та соціальний прояв і виглядають як предметно-просторова художня діяльність з формування системи ціннісних орієнтацій особистості та суспільства, передбачає організацію ціннісних обмінів, утворення духовної спільноти за рахунок виникнення естетичного поля архітектурного середовища. Естетичне поле створюють естетичні складові кожного з компонентів середовища. Саме це поле забезпечує дієвість впливів на особистість й визначає його емоційний «знак» та комунікативне тло. Таке тло створює умови для реалізації



середвищного діалогу, зустрічі свідомостей, відкриття одне одному своїх систем цінностей, що й є, за твердженням М. Когана, А. Колпакової, Л. Печко, О. Стукалової основою естетичного середовища.

Дослідники розглядають спілкування як основу і джерело розвитку особистості в культуротворчому середовищі; (А.Павловський, Т.Менгт); необхідний й специфічний вид активності людей; складову архітектурного середовища; (Л.Масол, Н.Боритко); ознаку й функцію естетичного середовища (Л. Печко).

Аналіз досліджень М.Бахтіна, Н.Ганнусенко, М.Кагана, В.Левіна, А.Колпакової, Е.Командишко, А.Мелік – Пашаєва, Т.Менгт, Б.Неменського, А.Павловського, Л.Печко, Л.Савенкової, Г.Тараскіної та ін. дозволяє вважати «розкіш естетичного спілкування» (Антуан де Сент-Екзюпері) визначальною домінантою архітектурного середовища. При цьому М.Каган указує на розбіжність понять «комунікація» та «спілкування». Комунікація, на його думку, безособиста за характером інформації (наукових знань, фактів тощо), яка транслюється; спілкування – це спільне вироблення партнерами загальних уявлень, понять, поглядів, ідеалів тощо, тобто досягнення духовної спільності. «Духовне спілкування є зустріч сповідей, саморозкриття суб'єкта, тому тут має циркулювати не будь яка інформація (як у комунікації), а тільки забарвлена суб'єктивністю учасників спілкування», – стверджує М.Каган . Особливість спілкування в такому середовищі полягає в його багатоплановості, творчій основі, можливості існування різних правильних відповідей на одне запитання, шляхів розв'язання однієї проблеми. Естетичний аспект середовища пропонує особистості різноспрямовані вектори вдосконалення.

Майже всі вчені відзначають як визначальну особливість естетичного середовища перевагу ціннісно-орієнтованої діяльності, що реалізується шляхом духовного спілкування. Дослідники вважають, що це стає можливим, якщо до структури середовища спілкування ввести ще один компонент, а саме – мистецтво, тоді середовий діалог набуває такого вигляду: архітектура – мистецтво – особистість; архітектор-дизайнер – художній образ – середовище; суспільство – культура – особистість... тощо, і як наслідок виникає єдність художньо-професійної діяльності та її сприйняття. А. Колпакова виокремлює такі особливості художньо-професійної діяльності задля естетизації середовища: присутність серед суб'єктів середовища особливого квазісуб'єкту (художнього образу, який безпосередньо або опосередковано впливає на особистість); побудову середовищних систем на суб'єктивних відносинах, які створюють



атмосферу духовного спілкування; насичення середовища завдяки цій співучасті особливою емоційною атмосферою; використання законів драматургії (тобто в основу структури такого середовища покладені можливості саме мистецтва); посилення впливів мистецтва на користувачив, створення особливого середовища для розвитку, завдяки способам, прийомам і методам, що використовує архітектор-дизайнер.

Тип та конкретна форма середовищного діалогу в кожному разі обумовлені багатьма факторами: функцією, суспільними цілями і програмами, методиками; естетичними можливостями середовища; особистістю дизайнера: його естетичною свідомістю, рівнем загальної та художньої культури, віковими та статевими особливостями, естетичними можливостями; естетичною свідомістю, досвідом, потребами, перевагами користувача; реальною мережею динамічних міжособистісних відносин; субкультурою «людських» вікових орієнтацій у сфері естетичної культури; впливом естетичного досвіду авторитетних людей; естетичними можливостями організації навчального процесу ВНЗ та художньо-професійної діяльності тощо. Проте, визначальним є: естетичні можливості середовища; естетичні можливості архітектора-дизайнера; естетичні можливості організації процесу. Як свідчить практика, більшість навчальних дисциплін ВНЗ будується на суб'єкт-об'єктних комунікативних зв'язках: Надання інформації сприйняття засвоєння (чи ні) репродукція знань. Ця схема не передбачає трансляції й утворення цінностей. Тільки включення мистецтва до навчально-виховного процесу дозволяє визначити професійну освіту як процес передачі знань в духовно-теоретичному спілкуванні (Е. Командишко), а виховання – як процес ціннісних орієнтацій в духовному спілкуванні (М.Каган).

Структура естетичного спілкування має кілька втілень. Три з них виокремлено Л.Печко: перший – естетичне спілкування з твором мистецтва, де художнє спілкування виступає як «взаємообмін», проекція особистісних настанов на почуттєво-змістовий облік твору, як процес і результат відкриття художніх й естетичних цінностей. Другий вид – спілкування (суб'єкт-об'єкт-суб'єктивний) із предметом – результатом матеріальної діяльності людини. Це – вибіркового контакту з образом, рисами, суттю, функцією предмета, його історією й перспективою. Третій – естетичне спілкування з природним витвором, почуттєво-емоційне спілкування з матеріальним втіленням своєрідної істоти, предмета, явища природи. Четверту форму – створення реального міжособистісного культурно-естетичного спілкування, діалогу (середовище –



особистість, архітектор-дизайнер – користувач, людина – художній образ; викладач – автор, студент – мистецтво, дизайнер архітектурного середовища – культура та ін.) називає А.Колпакова. Це – включення до середовищного діалогу «квазісуб’єкту» (художнього образу), який безпосередньо або опосередковано впливає на особистість, формує її естетичну свідомість, активізує емоційно-почуттєву сферу. Авторка пропонує метод драматургії середовища для вирішення проблеми між особистого спілкування в середовищі. П’яту форму – взаємовідносини особистості й середовища пропонує Т.Менгт. Джерелом функціонування середовища вона вважає розвинуте повноцінне спілкування, у якому виділяє три сторони: когнітивну (емоційний статус особистості й середовища), емоційну (образ середовища), та поведінську (комунікативна програма середовища й особистості). Дослідниця визначає комунікаційні поля взаємодії особистості й середовища: інформаційне поле; поле психологічної взаємодії; просторове поле корпоративних стосунків.

Відтак, середовищний діалог втілюється у вигляді спілкування особистостей, особистості й твору мистецтва, особистості і предметно-просторового оточення, особистості й природи. У цьому діалозі бере участь «квазісуб’єкт» (художній образ) завдяки драматургії середовища (або смодельованій комунікативній ситуації як окремому випадку драматургії середовища). Як стверджують М.Бахтін, А.Іконніков, Л.Печко та ін., занурення в повсякденність виключає естетичне ставлення до дійсності. Звичний автоматизм сприйняття здатний «розчинити» будь-які його смислові домінанти. Щоб середовище набуло особистісно-естетичного значення, необхідна особлива ситуація, що сприяє виникненню естетичної настанови. На шляху пошуків оптимальних комбінацій, специфіки утворення та відбору «святкових» ситуацій, способу досягнення цілісності наукова думка, за А.Колпаковою, схиляється до ідеї драматургії архітектурного середовища. Тобто його організації за законами театру. Мистецтво стає структурнотворним елементом будь якого середовищного процесу, його органічною частиною. Виникає проблема: виділити закономірності середовищної драматургії і форми, механізми застосування їх для естетизації художньо-дизайнерського процесу в цілому й кожного з його структурних компонентів зокрема. Узагальнення дослідницьких матеріалів щодо драматургії деяких середовищних процесів подано в таблиці 1. Кожний з етапів потребує участі у своєму становленні художньо- професійної діяльності архітектора-дизайнера, визначає особливі завдання (формальні,



змістовні), специфічні для цього етапу.

Перед дизайнером архітектурного середовища виникає завдання: створити художньо-перетворений фрагмент середовища, який залучає людину до своєї сфери, закликає до співучасті у спектаклі мистецтва, що розігрується в його межах. При драматургічному підході до організації середовища, предметно-просторове оточення стає сценою видовищ. Воно формується за принципом театральної декорації, згідно з яким сценографія підпорядковує всі елементи.

**Таблиця 1 - Етапи драматургії архітектурного середовища.**

№	Етап	Призначення	Зміст	Наслідок
I	Зав'язка	Постановка проблеми	Аналіз ситуації й утворення загальношкільної естетико-драматичної ідеї	Виникнення художнього образу у свідомості
II	Дія	Розробка проблеми	Естетична діяльність	Розвиток художнього образу
III	Кульмінація	Вирішення проблеми	Проміжне узагальнення результативності дії, створення умов (напрямів) подальшого розвитку, виникнення нової зав'язки	Утворення цілісності, післядія

Середовищний підхід виливається в особливу художню діяльність, яка має охоплювати всі виміри реальності, «режисуру» всіх середовищних процесів та структуру їхньої матеріальної (предметно-просторової) оболонки, метою якого є конструктивне життєутворення, активне втілення світорозуміння і системи ідей. Роль дизайнера архітектурного середовища у виявленні векторів розвитку й керуванні цим процесом. У сфері мистецтва рецепти не мають сенсу, необхідні лише орієнтири, що спрямовують пошуки. Ця діяльність повинна привести до визначення зв'язків буття, втілених у явищах культури.

### **8.3. Особливості художньо - дизайнерської діяльності в архітектурному середовищі.**

Художньо - дизайнерська діяльність в архітектурному середовищі є сферою



проектної творчості, яка формує оточення людини в єдності матеріально - фізичних, прагматичних та естетичних установок, факторів та умов (В.Шимко). Об'єктом цієї діяльності є архітектурне середовище, засобами проектування – художньо-осмислений синтез предметно - просторових реалій та способів життя.

Фахівці вважають, що *особливістю* такої діяльності є підвищена увага до естетичної сторони проектного процесу, інтерес до проблеми синтезу мистецтв в середовищі, проектного перетворення прагматичних запитів в естетичні цінності, нестандартні форми проектування; бачення дизайн-процесу крізь призму поняття культури (М. Бахтін, Б.Гершунський, А.Валицька, Б.Єрасов, А.Коган, М.Каган та ін..).

Сучасні тенденції спрямовують художньо - дизайнерської діяльність на вирішення проблеми стильової множини, інтеріоризації та екстеріоризації середовища, інтегральності та універсальності, динамічності процесу стилеутворення; орієнтування на ціннісні структури способу життя, антропоцентричний характер об'єкту проектування. Центральна тема діяльності – спосіб життя, взаємозв'язок та єдність його структур, - базується на комплексі науково-філософських уявлень про те, чим є особистість, середовище, як вони пов'язані один з одним.

*Пріоритетом* художньо – дизайнерської діяльності вважають сенсоутворення, реалізацію культурно – комунікативної функції, що об'єднує в своїй структурі художнє осмислення проблем людини. Фахівця цього профілю розглядають як медіатора культури. Системотвірною основою діяльності називають образно-чуттєвий матеріал мистецтва, який створює емоційний місток між людиною та навколишнім світом, надає йому можливість засвоїти унікальні сенси людства та створити власні. Таким чином, центральною ланкою художньо – дизайнерської діяльності постає розвиток системи художніх образів, що об'єднує усі форми середовища; побудову чіткої часової послідовності різних естетичних вражень, форм життя, діалогів поколінь тощо; створення особливої естетичної атмосфери, своєрідного іміджу, який відзначає саме це середовище від інших.

Як стверджують М.Бахтін, А.Іконніков, Л.Печко та ін., занурення в повсякденність виключає естетичне ставлення до дійсності. Розбіжність між реальною моделлю середовища та її образом, що відбувається у свідомості, обумовлена перебільшенням деталей і властивостей, які якимось пов'язані зі значеннями, важливими для особистості. Свідомість не сприймає нейтральне,



байдуже, неістотне для людини. Такі фактори не створюють особистого образу середовища. Звичний автоматизм сприйняття здатний «розчинити» будь-які його смислові домінанти. Щоб середовище набуло особистісно-естетичного значення, необхідна особлива ситуація, що сприяє виникненню естетичної настанови. Отже, виникає *проблема* здійснення переходу з буденної на естетичну настанову, для чого потрібно: визначити внутрішні імпульси, сигнали, що треба ввести до системи середовища, щоб спровокувати цю настанову; з'ясувати засоби, які потрібно використати для впорядкування форм середовища й умов їх сприйняття.

Дослідники зазначають, що умовою утворення естетичного образу середовища у свідомості людини є ситуація свята. Вона сприяє виникненню ставлень, з яких переборюється буденність. За М.Бахтіним, свято визволяє від будь-якої утилітарності й практицизму, це – вихід до утопічного світу. Його свобода дає можливість безкорисливого споглядання поза зв'язком з практикою буднів. Ситуація суцього особистого свята створює у психіці людини естетичний «удар», ефект «салюту», на деякий час виводить за межі звичайного, буденного. На шляху пошуків оптимальних комбінацій, специфіки утворення та відбору «святкових» ситуацій, дослідники віддають перевагу середовищній сценографії, яка має забезпечити присутність серед суб'єктів середовища особливого квазісуб'єкту (художнього образу); побудову особливої емоційної атмосфери духовного спілкування в середовищі; використання законів драматургії; посилення впливів мистецтва. Мистецтво, у цьому випадку, стає структуротвірним елементом середовища, його органічною частиною. Виникає естетичне поле, яке забезпечує дієвість середовищних впливів на особистість й визначає емоційний «знак» та комунікативне тло середовища. За П.М. Якобсоном, визначальна особливість середовища – в його емоційному напруженні. Можна виокремити типи емоційних характеристик середовищних утворень з розвиненою естетичною складовою: урочисте, парадне, розраховане на колективне масове, загальне дійство; інтимне, затишне (комфортне), що символізує захищеність, зручність, спокій, доброзичливість, прихильність; ділове, цілеспрямоване, «робоче», те, що забезпечує максимальну швидкість, ефективність, чіткість процесів, які здійснюються; комбіноване; розважальне, веселе, жартівливе, несподіване тощо. Таке тло створює умови для реалізації середовищного діалогу, зустрічі свідомостей, відкриття систем цінностей. У зв'язку з цим постає *завдання*: формування позитивного суб'єктивного



емоційного образу, яке здебільше реалізується завдяки використанню творів мистецтва.

Образно-чуттєвий матеріал мистецтва створює емоційний місток між людиною та навколишнім світом. Мистецтво, вважають дослідники (Л.Масол, Н.Ганнусенко, А.Іконніков, А.Мелік-Пашаєв, Л.Печко), є своєрідний «камертон цивілізації», слугує інтеграції середовища, і пов'язаних з ним видів діяльності, приведення середовища до «олюдненої єдності», вносить до форм середовища узагальнений символічний вираз світосприйняття (соціальний, моральний ідеал свого часу), закріплює в свідомості певні цінності й психологічні настанови, забезпечує матеріальне втілення цінностей, значень. Воно здатне надати відчутні предметні форми тому ідеалу, який може стати спільним орієнтиром для різних видів діяльності, спрямованих на розвиток власне людини. Загальні завдання мистецтва – конструктивне життя утворення, активне втілення світорозуміння і системи ідей.

Таким чином, *тему «мистецтво» в архітектурному середовищі не обмежують існуванням або розміщенням твору мистецтва в середовищі.* Твори мистецтва в середовищі, як відмічає А.Іконніков – особливий тип реальності, симбіоз простору і часу у формі художнього образу. Включені до середовища, вони слугують каталізаторами сприйняття, перетворюють усі форми середовища в систему особистісно значущих образів простору й часу, змінюють характер сприйняття цих форм. Твори мистецтва формують власне середовище, з власним емоційно-естетичним наповненням, часово-просторовою організацією. Художня діяльність та її результати формують імпульси перетворення дійсності, відчиняють шлях до нового бачення світу, утворенню нових цінностей. Художньо-дизайнерська діяльність спрямовується та регулюється необхідністю пошуків узагальнюючої деталі, що веде до цілісності; орієнтиру - образу, що поєднує об'єктивні та суб'єктивні сторони ситуації, соціально – економічні умови та особистісний спосіб життя. Структура середовища повинна не тільки вміщувати естетичні цінності, але й визначати характер існування і функціонування багатьох видів діяльності, у тому числі художньої, творів різних видів мистецтва. *Зміст художньо - дизайнерської діяльності-* унесенні спільних стилєвих рис до будь-якої складової середовища, створення ідеальної моделі способу життя на рівні образної уяви. Під час вдосконалення середовища вирішується *завдання* художнього перетворення фрагменту середовища таким чином, *щоби він залучав людину до своєї сфери, закликав до співучасті у*





спектаклі мистецтва, що розігрується в його межах. На будь-якому етапі розвитку будь-якого структурного елемента середовища виникають *завдання*:

- забезпечити цілісність низки художньо-естетичних вражень, з'єднаних загальним простором, концепцією, часом, дійством тощо;

- урівноважити частини цілого; забезпечити різними засобами той рівень свободи саморозвитку, який відповідає місцю компонента у змістовій та естетичній ієрархії середовища.

Тільки мистецтво може інтегрувати в цілісну уяву все, що поєднує в собі реальне середовище, сприяє досягненню єдності не за регламентацією формальних ознак, а на спільності семантичних начал, системи цінностей, єдиної соціальної мети. Тому закономірним є виникнення *завдань* стилеутворення, втілення універсальних естетичних цінностей, розробки й опрацювання фундаментальних естетичних установок.

Форми включення до системи середовища конкретних результатів художньої діяльності мають бути визначені на підставі вирішення цих спільних принципів. Успіх чи невдача залежать від того, наскільки спирається ухвалена модель формування середовища на реальну структуру людських відносин та діяльності, наскільки допомагає їх упорядкуванню й гармонізації.

Художньо - дизайнерська діяльність повинна привести до визначення зв'язків буття, втілених у явищах культури. *Роль* архітектора-дизайнера у виявленні векторів розвитку й керуванні цим процесом.

У сфері мистецтва рецепти не мають сенсу, необхідні лише орієнтири, що спрямовують пошуки. На підставі аналізу наукових публікацій виокремлюємо послідовність *завдань*. Соціокультурних: спрямувати дизайн-процес до людини; забезпечити насиченість його змісту проблемами людини; організувати цілісну системи життєдіяльності; забезпечити індивідуальність та самобутність архітектурного середовища в контексті світової й національної культури; Художньо- композиційних:

- визначити культурні сенси, що склалися в масовій свідомості й сформувати на їх підставі загальні образи середовища;

- виокремити і використати спільні засади, які визначені сучасною культурою епохи та пронизують усе розмаїття відокремлених одиниць;

- створити відкриті системи формоутворення;

- утворити середовищні єдності; розглядати середовищні комплекси в



складній єдності їх естетичної організації (композиційно);

– активізувати значення, що заповнюють форми середовища; визначити, спроектувати та створити кульмінаційні системи-орієнтири;

– знайти можливість більш активного використання засобів мистецтва для зміни середовища, що пов'язані з перемиканням на естетичну установу;

- придати завершений вигляд системі на будь-якій стадії її росту.

У зв'язку зі збільшенням інтегративної ролі образно-сміслових значень, постають три групи завдань: спрямування естетичної діяльності на досягнення єдності функціональних процесів і предметно-просторового оточення; підпорядкування середовищних процесів єдиному драматичному задуму; використання художньої діяльності для «олюднення» середовищних систем та елементів.

*Діяльність з коректування підходів до організації дизайн - процесу має відбуватися за напрямками:*

- *обґрунтування* стратегічного напрямку розвитку середовища; *визначення* принципів естетико-драматичних тем, що узгоджуються із загальним стилем;

- *узагальнення* системоутворювальних інтеграційних завдань за рахунок концентрації уваги на вузлових компонентах середовища, найбільш яскравих моментах його розвитку;

- *урахування* можливих деформацій середовищних утворень і варіантів втілення у зв'язку із трансформаціями смаків й інтересів людей, зміни в соціальному кліматі, визначенні функцій тощо.

Діяльність архітектора – дизайнера передбачає послідовність у вирішенні цих завдань: конкретизувати завдання з естетизації середовища, розбити їх на окремі, зручні для роботи позиції; на кожному етапі концентрувати увагу на тому, що є головним за цих обставин; свідомо здійснювати відбір найбільш ефективних за такої ситуації художньо-естетичних засобів і прийомів, контролювати їхню дієвість.

*Принципи* вдосконалення середовища, які мають враховувати та реалізовувати у своїй діяльності архітектори - дизайнери:

- з'єднання, «збирання» окремих елементів у складні комплексні системи;

- ієрархічної організації всіх форм і процесів у середовищі;

- врахування динамічності вихідних даних, накопичення та відбору елементів середовища в просторово-часовому вимірі;



- порівняння вражень від різних компонентів середовища у процесі його естетичного опанування;

- виділення елементів, які справляють стійкі враження, й використання (урахування) усталених закономірностей у процесі утворення середовища.

Різноманітність ситуацій, рішень, динамізм процесів не дають можливості регламентувати правила на всі випадки життя, тому нами визначено структуру, класифікацію, загальні принципи щодо вдосконалення середовища шляхом його естетизації, добір професійних завдань художньо - дизайнерської діяльності і перелік загальних підходів до їх вирішення.

#### 8.4. Методичні аспекти художньо-дизайнерської діяльності.

*Діяльність фахівця в царині художнього проектування середовища здійснюється на перетині різних сфер художньої творчості: архітектури, дизайну, мистецтва організації середовища різних областей матеріально - художньої культури: промислового дизайну, декоративно-ужиткового, оформлювального мистецтва, мистецтва експозиції, театру, кіно, тих, що безпосередньо формують оточуючу нас предметно - візуальну реальність.*

*Художник середовища* - новий проектувальник, у якого відсутні консерватизм та обмеженість вузького фахівця, з проникненням в світ уяви споживача, в світ технологій, матеріалів.

*Художньо-дизайнерська діяльність* передбачає володіння багатьма засобами вираження мислі, розуміння соціально-культурної ситуації сьогодення, відчуття тенденції розвитку сучасної художньої культури, орієнтування в питаннях екології, технології, економіки, організації архітектурно-дизайнерської діяльності, матеріалознавства; розвиток композиційного мислення, відчуття форми, простору, матеріалу, здатність образного сприйняття світу речей, здатність організації пластичної матерії тощо. *Середовищний дизайн* орієнтується на втілення ідеальної *моделі способу життя* на рівні образної уяви, доповненої силою звичаїв та традицій, спільних стильових рис.

На підставі аналізу теорії та практики художньо-дизайнерської діяльності визначено її сучасні *тенденції*:

- розширення сфери використання *прийомів декоративного живопису*, спеціального відбору *засобів* (використання зворотної, лінійної і тональної



перспективи, збігу проєкцій, загального контуру, зближення по кольору и тону, переплетення планів, сполучення локальних кольорів, пластичного та кольорового моделювання, контрастів по кольору і тону та ін.).

- поєднання та взаємо доповнення *прийомів і методів*: графо - аналітичного, сценарного моделювання, сценарних опозицій; сімбіоз графічних, кольорових, пластичних, об'ємно-просторових (макетних) засобів.

- застосування практичних навиків в царині формальної виразності, адаптованої до професійних цілей та завдань проектно- художнього формоутворення в середовищному дизайні. Опанування засобів художньо-дизайнерського перекладу різноманітних мов (простору, видів та жанрів мистецтва, утилітарного призначення речей тощо) на мову творця середовищного мистецтва.

Художньо-дизайнерська діяльність спрямовується на вирішення *завдань*:

-перетворення уяви пам'яті в художній образ за рахунок стимулювання таких механізмів як *категоризація* (процес встановлення якісної визначеності предмета за рахунок його виділення з оточуючого світа, віднесення до визначеного класу явищ), *візуалізація, вербалізація, смислова інтерпретація, трансформація*, а також: *аглотинація* (поєднання якостей, власностей, частин предмета, які не поєднуються у реальності, тощо); *гіперболізація, загострення, схематизація* (згладження відмінностей та виявлення схожих рис предметів), *типізація* (виділення сутнісного, повторюючогося та втілення його у конкретно-почуттєвому образі); спонування механізмів включення образів- відчуттів, образів-сприйняття, образів-уяв до смислової структури знань;

- конструювання художнього смислу в різних моделях поведінки;

- розшифрування, транскрипція художнього смислу середовища обладнанням;

- розглядання середовища як системи артефактів. Використання хепенінгу, компіляції, асамбляжу як форми пред'явлення;

- використання усіх явищ Всесвіту як генератора емоційно-художнього змісту. Розшифрування кодів впливу, виявлення засобів та прийомів їхньої художньої інтерпретації;

- розгляд усіх елементів художнього цілого як самостійних творів мистецтва різного рангу і типу; репрезентування окремих елементів як деталей якоїсь картини, а їхнє сполучення- як композицію цієї об'ємно-просторової картини;

- опанування світу у русі;



- перетворення середовищної ситуації в «мистецтво жити»;
- формування навиків використання художньої мови в якості засобів проектування, розширення графічної культури за рахунок об'єднання художніх засобів різних видів мистецтва;
- використання методів, прийомів та засобів формальної композиції та арт-дизайну в художньому дизайні архітектурного середовища;
- побудова професійних відношень со споживачами, які будуть взаємодіяти з даними системами в процесі життєдіяльності;
- реалізація поліварвантності рішення кожного завдання.

Серед *прийомів та засобів* художньо-дизайнерського проектування пріоритетності набувають *засоби переключення на естетичну установку*: загострення протиріч, створення асоціативних рядів, введення емоційні подразників, використання «рами», як візуального обмежувача та спрямувача, розгляд лінії як траєкторії точки, за якою йде погляд; використання незвичайних кутів зору (горизонтальний, нахилений, вертикальний, з урахуванням розміщення лінії горизонту). Актуальними також називають метод спирання на *культурні міфологеми*.

Рішення цих завдань не передбачає готової передбаченої відповіді. Фахівці повинні пройти шлях від вільного фантазування та спонтанних асоціацій до системного перетворення предметного світу, підвищення його культуро ємності, встановлення міри значущості різноманітних формоутворюючих факторів при утворенні різних класів штучних систем; генерації проектних ідей відповідно до специфіки проблемних та проектних ситуацій.

Вважаємо доцільним адаптувати до методів середовищного дизайну теоретичні та практичні надбання формальної композиції, що запропановані О.Чернишовим. Якщо уважно дослідити типи *навчальних завдань*, що запропоновані дослідником не важко помітити, що вони легко та органічно транспонуються до сфери середовищного дизайну:

- зняття зображувальності (поетапне виключення з твору кольору, тону, деталей, фактури, конфігуративно-пластичних характеристик та. ін..)
- формально- композиційне вираження стану людини та природи.
- міра композиційної обумовленості відношень «елемент - простір»
- організація домінантних відношень елементів композиції,
- якісна міра активності виразних засобів композиції,
- метричний, просторовий та часовий масштаб в його формально -



композиційному вираженні,

- формальний образ «техніки» та «лірики» як загальних понять.
- побудова багатоваріантної композиції на основі принципів конфігуративної та світло кольорової комбінаторики.
- стилізація об'єкту за власними або встановленими якостями.
- конічний знак та знак - індекс.
- візуальне вираження фізичних властивостей умовного матеріалу: тяжкість - легкість, пластичність – крихкість, жорсткість - гнучкість.
- образ технології;
- формування предметного образу на візуальній основі;
- формування предметного образу на понятійно-логічній основі;
- вихід з площини до простору;
- трансформування площини в рельєф та замкнений об'єм;
- тектоніка просторових конструкцій;
- організація функціонального простору;
- образ споживача.

Архітектурне середовище розглядається О.Чернишовим як предметно організований екзистенціальний простір активного буття людини, що визначає «схеми» його поведінки та дій. Воно візуально сприймається як об'ємне тіло з замкненим на себе простором функцій.

Предметні елементи цього середовища (маси, тіла, об'єми, поверхні) повинні випромінювати «емоційно-сміслову енергію» (силові лінії, потоки, поля), наповнювати його композиційним рухом, з розбігом за вісями, межами, спрямуваннями, планами, вузлами, зонами, центрами, рівнями, ракурсами тощо. Сукупність комбінацій формує індивідуальні форми стосунків – автономність, повторення, замкненість, проникнення, протиставлення та ін.

*Структуроутворюючий фактор* – художньо- композиційна організація сприйняття середовища ного процесу. Особливість в тому, що у предметному просторі домінують зв'язки між структурними елементами всередині предметної форми. Ці структурні елементи мають різноманітні характеристики (конфігурацію, пропорції, масштаб, ритм, фактуру та ін.), в сукупній цілісності повинні забезпечити повноцінну просторовість, яка б пов'язувала уявні та реальні, внутрішні та зовнішні процеси між структурними елементами (їхніми масами, та зовнішнім полем). «Пластична гра» будується на основі взаємодії різних мотивів (велике-маленьке, монолітне-складове, відчинене-замкнене,



глухе-ажурне, жорстке-м'яжке, приближення-віддалення, протягування-відтолкування, концентрація-розсіювання, наступ-от ступ тощо). Діяльнісний аспект надає уяву о характері безпосередніх фізичних контактів (маніпулятивно-орудійні дії) людини з формою. Обширність зон таких контактів повинна бути інформативно значимою.

Проілюструємо теоретичний матеріал прикладами практичного втілення різних художньо-дизайнерських підходів до проектування інтер'єрів.

### **I. формально- композиційний підхід.**

Методологія виведення твору сучасного мистецтва «з площини в простір», запропанована О.Чернишовим, О. Тюріковою, О.Недошитком.

Вибір твору мистецтва як основи для середовищної дизайн-інтерпретації здійснюється на засадах етно-аналізу та емоційної рефлексії: специфіці асоціацій, колористичного, пропорційного строю тощо. У нашому випадку, підставою для відбору «опорного твору» стало творче ім'я та авторський почерк відомого українського художника - О. Недошитка (Мал.1).

Митець є неперевершеним майстром не фігуративної композиції, його роботи мають глибинний генетичний зв'язок з українським народним мистецтвом, несуть магію вгадуємих образів.

*На першому етапі* здійснюється композиційний аналіз, виявляється композиційний центр, ведучий мотив, супідрядність основного та другорядних елементів, ритм, пропорції, силові лінії композиції тощо. Студенти роблять варіанти лінійного (мов би дротяного) зображення у двох та трьох вимірах.

*На другому етапі* акцентують увагу на зміні смислових акцентів за рахунок зміни колористичних та тональних відношень. Зіставляють зображення як «фотонегатив» (заміна світлого на темне), «колористичні протилежності» (тобто замінюють усі кольори на протилежні), використовують просторові властивості кольору (фрагменти певного кольору або висовуються з площини, або заглиблюються в різній мірі).

*Третій етап* реалізується у формі фронтальної, об'ємної та просторової композиції. До реєстру засобів виразності включають «прояв тілесності» за рахунок імітування матеріалів «різного ступеня густини», фактури, прозорості, маси тощо. Здійснюється розподіл елементів на пустоти, згущення та тверді тіла. Уточнюється їх місце у просторі, супідрядність, принципи угруповання тощо.



**Мал.1 - Приклади картин-першоджерел (твори О. Недошитка)**

*Четвертий етап* передбачає організацію контакту із споживачем. Людина вводиться до структури композиції; елементи набувають утилітарної функції, використовуються в якості форм для тактильного, зорового та ін. контакту. Дизайнер та споживач повинні «увійти» до картини, подивитися на неї з середини та зі сторони.

*На п'ятому етапі* здійснюється відбір ідей, а також перевірка на «збіг» образів новоутвореної композиції та першоджерела. Якщо емоційний знак творця мистецтва та інтер'єру збігаються, вважаємо завдання дизайн-інтерпретації досягнутим.

*Останні дії* - уточнення матеріальних носіїв художнього образу: колір, форма, об'єм, розташування окремих елементів у просторі тощо. На підставі цих висновків розробляють декілька варіантів інтер'єрів без ув'язки з картиною-першоджерелом. Переводимо розроблені ескізи інтер'єрів «з простору в площину», порівнюємо художні якості композицій.







Мал. 2 - Пошукові ескізи (замальовки студентів).

Відтворення сучасного інтер'єру від картини-першоджерела до комп'ютерної візуалізації.

## II. метод «Я- експансія» художника-дизайнера в архітектурне середовище.

Перший, підготовчий етап націлений на включення художника у діалогове середовище архітектури, проявлення особистості автора в арт-об'єкті. Студентам пропонувалося представити роботу-самопрезентацію. «Я – предмет (група предметів)». Виходячи зі знаковості речі в культурі, її семантичних властивостей, створена композиція з предметів-імпульсів, які ведуть «внутрішній» діалог, що залучує в сферу спілкування споживача і середовищний процес (Мал.1) Ескизування йшло кількома шляхами:

- відбір групи предметів, виявлення провідного персонажа;
- перенос смислових акцентів з одного «персонажа» на інший;
- інтерпретація композиції різними художніми мовами (рельєф, тривимірна скульптура з дроту, колаж, чеканка, лиття, станковий живопис, графіка, монументальні форми та ін.); в декоративному, в реалістичному ключі, в нефігуративній формі;
- передача домінуючого настрою кольором.

Другий етап – вибір «місця проживання» композиції, урахування та зіставлення особливостей середовищних «співрозмовників» і «акторів».

Запропоновано розмістити роботу в існуючих інтер'єрах житлового або суспільного призначення (їво власної квартирі, в кафе, музеї чи виставкової залі, бутіку тощо). Орієнтуючись на типологію потенційного споживача дизайн-продукту, створюємо сценарій естетичної взаємодії в середовищі. Формуємо



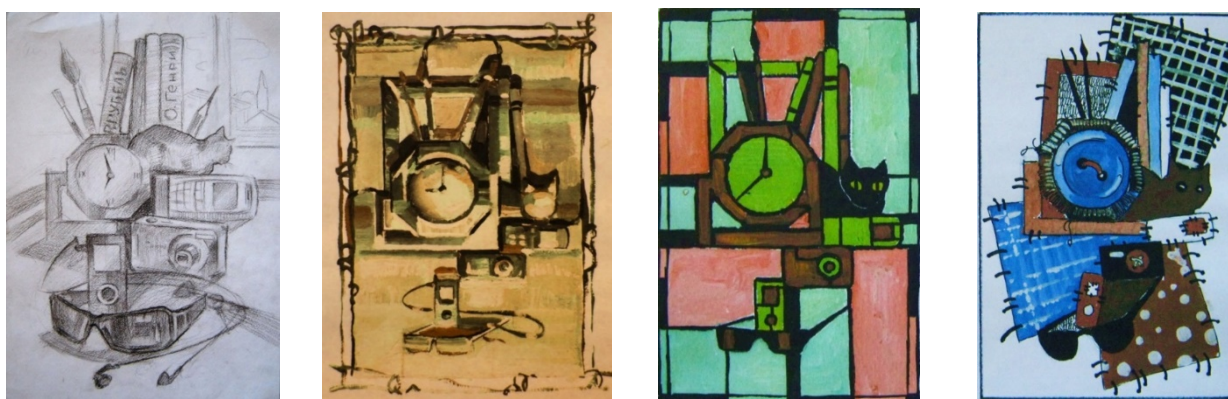
константну групу «середовищних співрозмовників» з елементів функційно обумовленого оточення. Вводимо сигнальні елементи (теми, форми, плями кольору, та ін.) - стилістичні орієнтири для «середовищної змінної». Розглядаємо простір інтер'єру як серію ілюстрацій до середовищного сценарію (аналогія із методом «стоп- кадра»).

Подальша робота із «середовищної картиною» йде по аналогії з ескізною проробкою ідеї на першому етапі: зміна ролей «середовищних акторів» дизайнерськими методами (тектоніка, світло- кольорові відношення засоби художньої виразності тощо.) Виводимо з умовної площини «середовищної картини» її тривимірну об'ємно-просторову інтерпретацію (середовищну мізансцену) з метою введення глядача до картини. Визначаємо оптимальні точки зору на нову систему візуальних вражень. На основі виявленого будуюмо нові геометричні, колористичні та ін. характеристики арт- об'єкту.

Завдання «Зміна ролі арт- об'єкта в архітектурному середовищі»

В основі вирішення завдання – зміна засобів взаємодії з глядачем, формування різних емоційних реакцій, погляд на арт- об'єкт під різними кутами зору. Комбінування засобів художньої виразності різних видів мистецтва (лінія, колір, об'єм, простір тощо) та нехудожніх елементів середовищної ситуації.

Авторська композиція – «Автопортрет з моїх речей» трансформована в різних матеріалах та кольорі. Тобто, натюрморт, зібраний з речей - візитних карточок автора: часи, кіт, окуляри, фотоапарат, телефон, плеєр, книги та ін.



Мал. 3 - Авторська інтерпретація «Я- натюрморту».

На Мал.4 (4.1, 4.2, 4.3) продемонстровані варіанти «Я-експансії» автора в архітектурний простір. У першому випадку (Мал. 4.1.) застосовано прийом «розтину» базового твору. Ключові деталі розташовуються окремо від інших,

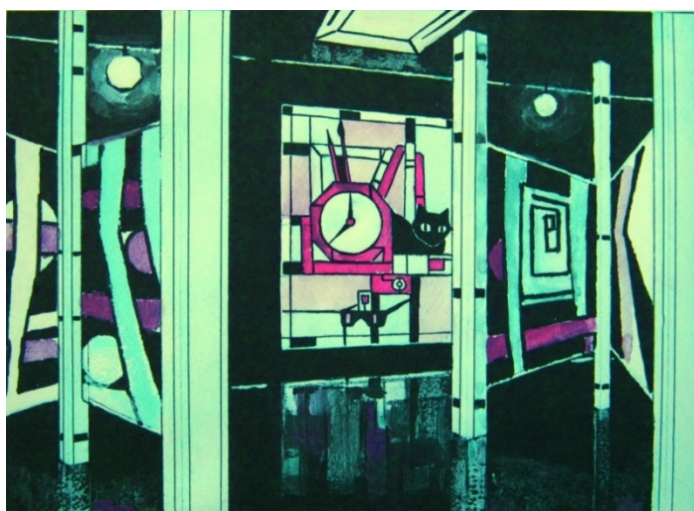


гіпертрофовано та в різних комбінаціях виступають в середовищі як самостійні акценти, створюють власні «репліки» та власне середовище з специфічним емоційним забарвленням. Середовище набуває декілька *композиційних центрів - арт-об'єктів*, розташованих у просторі та формуючих власний середовищний діалог зі споживачем.



**Мал. 4.1 - Прийом «розтину» картини , ціле збирається в свідомості глядача.**

У другому (Мал. 4.2.) – споживач залучається до внутрішнього простору композиції. Вона «обволікає» його з усіх боків за рахунок тиражування художнього язика вітража, чергування кольору, світлу, прозорості та сюжету. Завдяки різноманітним накладкам та комбінаціям художніх ефектів, при зміні положення споживача у просторі здійснюється зміна вражень. *Композиційним центром* виступає *споживач в різних місцях тривимірного простору*, а картина - його оточенням.



**Мал. 4.2 - Прийом «обволікання» споживача. Глядач- внутрі картини.**

Третій варіант середовищної «Я-експансії» (Мал. 4.3) передбачає організацію *челночного руху до або від арт-акценту по подіуму (траєкторії обмеженого*



руху). Завдяки цьому він то набуває значення як структуруючий елемент фронтальної композиції, то заявляє про себе як про своєрідний камертон просторової композиції, то виступає другорядною фоновою плямою. Специфіка цього варіанту у зміщенні *композиційного центру на модель, що знаходиться в русі*.



**Мал 4.3 - Прийом «рухливого центру», яким виступає змінний, ситуативний середовищ ний елемент, який не є деталлю картини.**

Тобто у трьох випадках картина й глядач взаємодіють по різному, відіграють різні ролі. В першому випадку глядач - споживач фрагменту арт-об'єкта, збирач різноманітних комбінацій вражень від сприйняття арт-об'єкта частково й в цілому, в різній послідовності. Ціле завжди є змінною величиною.

В другому - глядач – композиційний центр, що переміщується в просторі картини. Різні варіанти оточення утворюють різні варіанти середовищної композиції. В третьому - глядач - стаціонарний компонент простору, переміщується центр – кожного разу інша манекенниця у іншому вбранні. Арт-об'єкт змінює свою роль в залежності від рас положення від рухливого центру.

## **Висновки.**

Художньо - дизайнерська діяльність спрямовується та регулюється необхідністю досягнення цілісності; образу, що поєднує об'єктивні та



суб'єктивні сторони ситуації, спосіб життя. Зміст такої діяльності - у створення ідеальної моделі способу життя на рівні образної уяви. Завдання художньо - дизайнерської діяльності розподіляються в змістовні групи, кожна з котрих має власні пріоритети та механізми.

*Художньо-дизайнерська підготовка* здійснюється на перетині різних сфер художньої творчості та передбачає формування *художника середовища*- нового проектувальника, у якого відсутні консерватизм та обмеженість вузького фахівця, з проникненням в світ уяви споживача, в світ технологій, матеріалів

*Тенденції, та завдання* художньо-дизайнерської підготовки визначені на підставі вимог до сучасного фахівця у сфері середовищного дизайну.

Сучасні вимоги до художньо - дизайнерської діяльності пов'язані з орієнтацією на досягнення цілісності образу середовища.

Сутність та специфіку середовищного підходу в художньо - дизайнерської діяльності вбачаємо у конструктивному життєутворенні, стилеутворенні та сценарному моделюванні сприйняття середовища.

Перед майбутніми дослідниками постають завдання: систематизувати форми та методи художньо - дизайнерської реалізації середовищного підходу; структурувати завдання художньо - дизайнерської діяльності в архітектурному середовищі. Вдосконалити системи навчання майбутніх архітекторів – дизайнерів розробкою курсу художньо - дизайнерської інтерпретації архітектурного середовища; визначити послідовність завдань та алгоритм цієї діяльності. Актуальним також вважаємо розстановку орієнтирів художньої середовищної діяльності, поповнення проблемного аналізу розглядом середовищних комплексів в єдності їхньої естетичної організації, зокрема, композиційної.

*Художньо-дизайнерська діяльність* з коректування підходів до організації середовищного процесу має відбуватися за напрямками: *обґрунтування* стратегічного напрямку розвитку естетичного середовища; *визначення* принципів естетико-драматичних тем, що узгоджуються із загальним стилем середовища; *узагальнення* системоутворювальних інтеграційних завдань за рахунок концентрації уваги на вузлових компонентах середовища, найбільш яскравих моментах його розвитку; *урахування* можливих деформацій середовищних утворень і варіантів втілення у зв'язку із трансформаціями смаків й інтересів людей, зміни в соціальному кліматі, визначенні функцій тощо.

У художньо-дизайнерській діяльності вміння організовувати



*середовищний діалог* виступає як уміння вплести естетичну творчість у саму життєдіяльність людини, в тканину соціокультурної реальності. Ця діяльність обумовлена динамікою соціального буття, впливає з його реалій. Цим вимогам відповідає ситуація свята, яка реалізується в драматургічному підході до художньо-професійної діяльності, який сприяє утворенню середовищних діалогів на різних рівнях.

Подальшого дослідження потребують інтерактивні методики художнього дизайну архітектурного середовища, у тому числі арт-дизайну, світло дизайну та ін.

**KAPITEL 9 / CHAPTER 9<sup>9</sup>****FEATURES OF ADAPTATION OF STUDENT YOUTH TO STRESSED EDUCATIONAL ACTIVITIES IN THE CONDITIONS OF MODERN INSTITUTIONS OF HIGHER EDUCATION****DOI: 10.30890/2709-2313.2023-23-01-001****Вступ**

Вивчення особливостей адаптації дівчат і юнаків до нових незвичних умов життєдіяльності та навчання у стінах сучасних закладів вищої освіти різного профілю у теперішній час набуває особливого значення, насамперед тому, що для студентської молоді властиві певні специфічні риси життя, які визначаються віково-статевими характеристиками, регламентами навчальної та позанавчальної діяльності, а також процесами соціалізації особистості [2, 6, 16].

Дійсно, нині перед вищою школою ставляться надзвичайно серйозні завдання щодо інтенсифікації навчально-виховного процесу, запровадження диференційованих, індивідуалізованих, навіть персоніфікованих підходів до його удосконалення, підвищення якості підготовки молодих фахівців тощо. Саме ці завдання і зумовлюють необхідність розробки та впровадження комплексу різноманітних заходів, які забезпечують збереження і зміцнення здоров'я, запобігають виникненню різноманітних відхилень у функціональному стані організму, підвищують рівень професійної дієздатності студентської молоді, полегшують перебіг процесів професійної адаптації тощо [1, 8, 18].

**9.1. Професійна адаптація як процес активного пристосування людини до виробничої діяльності, нового соціального оточення, умов праці та особливостей здобуття конкретної спеціальності**

Професійна адаптація являє собою процес активного пристосування людини до навчально-значущої виробничої діяльності, нового соціального оточення, умов праці та особливостей здобуття конкретної спеціальності. Саме ступінь успішності професійної адаптації вважають одним із головних критеріїв вірного вибору фаху, що засвоюється, рівня професійної придатності та

---

<sup>9</sup>*Authors: Serheta Ihor Volodymyrovych*





індикатором ступеня професійної підготовленості, професійної орієнтації в цілому [2, 11]. Професійна адаптація характеризується збереженням та подальшим розвитком здібностей і схильностей до конкретної професійної діяльності, злиттям суспільної і особистої мотивації праці та здійснюється у тісній взаємодії і незаперечному взаємозв'язку із соціальною адаптацією.

Не можна не відзначити і той факт, що професійна адаптація може мати як підготовчий, так і основний характер. Підготовчий етап здійснюється у процесі професійного навчання та включає у свою структуру елементи, як психофізіологічної, так і соціально-психологічної адаптації. Основний етап професійної адаптації відбувається безпосередньо під час виконання виробничих обов'язків на конкретному робочому місці.

За даними О.О. Навакатікяна та співавт. [7], в ході розгляду динамічних зрушень з боку функціональних систем організму протягом як часу виконання виробничих завдань, так і під час професійного навчання, можна чітко відзначити 3 основних типи змін психофізіологічних корелят працездатності, а саме: 1 тип – поява функціональних станів організму, що забезпечують оптимізацію його життєдіяльності у нових умовах середовища; 2 тип – зникнення “застарілих” форм пристосування та збереження тих форм пристосування, які є корисними для організму; 3 тип – поява нових адаптаційно-значущих форм поведінки, пов'язаних з несинхронними зрушеннями різних характеристик функціонального стану у зв'язку із впливом зовнішніх умов середовища та внутрішніх змін в організмі.

Виходячи з цих позицій, адаптацію слід визначити як цілеспрямовану системну реакцію організму, що забезпечує можливість виконання будь-яких видів соціальної діяльності та життєдіяльності в умовах дії чинників, інтенсивність та екстенсивність яких приводять до порушень гомеостатичного балансу. І, отже, професійна адаптація являє собою цілеспрямовану системну реакцію організму, котра забезпечує високу ефективність професійної діяльності людини [15].

Надзвичайно важливими для забезпечення оптимального перебігу професійної адаптації слід визнати такі властивості адаптаційних процесів, як здатність елімінувати вплив різних подразників шляхом відтворення певної реакції у відповідь на їх вплив, а також здатність до адекватного подальшого сприйняття на підставі аналізу та активного перетворення середовища



перебування. Дуже важливим та суттєвим слід визнати виділення трьох основних видів адаптації організму людини до виробничої діяльності, до числа яких відносять:

- рушійну адаптацію, що зумовлена пристосуванням до нових умов зовнішнього середовища;
- стабілізуючу адаптацію, що пов'язана з намаганнями організму зміцнити та врівноважити зв'язки з середовищем перебування, і, таким чином, досягти певної динамічної перебудови, яка забезпечує трансформацію адаптації та стабільність функціональної системи, котра домінує,
- розшаровуючу адаптацію, що настає як результат вичерпання структурно-функціональних та енергетичних ресурсів адаптаційного змісту [7].

Визначають і певний порядок, фактично, певну ієрархію проявів різних видів адаптації у процесі праці та відпочинку. Зокрема, поява завдань виробничо-професійного або навчального характеру приводить до формування рушійної адаптації, яка в подальшому переходить у стабілізуючу та в умовах тривалої роботи, що супроводжується розвитком втоми, до розшаровуючої адаптації. Натомість, відпочинок сприймається як нова зовнішня умова, до якої слід пристосуватися і, отже, знов формується спочатку рушійна, а згодом, і стабілізуюча адаптація.

Встановлено, що до основних типів адаптивної поведінки в ході виконання професійної діяльності відносять спринтерський, стайєрський та змішаний типи поведінки. Перший з них характеризується високими потенційними можливостями щодо адаптації до короткочасних навчально-виробничих навантажень, другий – високими потенційними можливостями щодо адаптації до тривалих та рівномірних навантажень середнього рівня, третій – поєднує особливості і першого, і другого [6].

Адекватне формування професійної адаптації з позицій системогенезу професійної діяльності досягається лише за умов досягнення необхідного рівня розвитку професійно-значущих функцій, які визначаються навчально-виробничими вимогами; установлення оптимального взаємозв'язку між ключовими якостями та професійними вимогами; адекватного розвитку вегетативного компонента забезпечення діяльності, що визначає стан серцево-судинної, центральної нервової та інших психофізіологічних систем організму; позитивної мотивації до засвоєння професії; необхідного психоемоційного стану



підлітків, які засвоюють певний фах, тощо. Причому під системогенезом професійної діяльності слід мати на увазі процес формування багатofакторної функціональної системи забезпечення роботи, головними критеріями досягнення якої є оптимальна працездатність і професійна сталість, натомість провідними складовими частинами – фактори професійного навчання (навчально-виробничий режим, санітарно-гігієнічні умови навчальних приміщень, заходи психолого-педагогічного характеру), неспецифічні (зовнішньо-гігієнічні умови діяльності) та специфічні (особливості та зміст професії, що засвоюється) фактори праці [11, 14, 15].

Основними стадіями професійної адаптації вважають початкову і перехідну стадії та стадію довгострокової адаптації. Невід'ємними ознаками початкової стадії є зростання рівня функціональних можливостей переважної більшості з професійно-значущих психофізіологічних функцій, що має нестабільний характер та детерміновано певними, відповідно до фаху, який засвоюється, професійними вимогами. Перехідна стадія полягає у поглибленні та поступовому удосконаленні психофізіологічних основ професійної адаптації, закріпленні конкретних трудових навичок, появі початкових явищ довгострокової адаптації. Остання стадія процесу професійної адаптації, тобто власне довгострокова адаптація характеризується установами сталості у розвитку професійних навичок і відповідно робочого динамічного стереотипу.

До провідних критеріїв професійної адаптації прийнято відносити оптимізацію у процесі навчання стану професійно-значущих психофізіологічних і фізіологічних функцій, які відповідно характеризують процеси становлення інформаційної та енергетичної підсистем функціональної системи забезпечення роботи, зростання опірності організму негативним впливам і ступінь нервово-емоційної напруженості, яка виникає у процесі навчально-виробничої діяльності, тощо.

Отже, до основних напрямків гігієнічної оптимізації професійної адаптації підлітків на концептуальному рівні слід віднести наступні системогенетичні принципи положення:

- критеріальними показниками професійної адаптації є рівень реалізації та ступінь стабільності підсистем організму, що забезпечують навчальну і виробничу діяльність;
- професійна адаптація як соціально-біологічний процес є чітко вираженим



стадійним процесом;

- кількісна оцінка адаптаційного процесу має проводитися шляхом порівняння величин критеріальних показників функціонального стану організму в момент дослідження з нормативними значеннями;

- запровадження системи гігієнічних заходів, передусім, засобів адаптогенного змісту, засобів, які орієнтовані на специфічні показники професійної адаптації, режимно-організаційних та саногенних засобів, метою яких є відповідно оптимізація умов навчального процесу та підвищення рівня здоров'я, засобів щодо проведення професійного відбору, прогнозування професійної адаптації, управління процесом адаптації у ході засвоєння обраного фаху тощо [11, 12, 17].

## **9.2. Навчально-значуща професійна адаптація та чинники, що її обумовлюють**

Необхідною передумовою успішного навчання у закладі вищої освіти, і відповідно високої соціальної зрілості та успішної професійної адаптації є високий рівень здоров'я студентів. Відомо, що вік від 17 до 25 років характеризується розквітом людських можливостей та здібностей, являє собою емоційний пік розвитку особистості тощо. Разом з тим в науковій літературі доволі часто згадується, про надзвичайну сприйнятливність організму саме у цьому періоді до впливу факторів навколишнього середовища, в тому числі численних медико-біологічних та соціальних чинників, які формують передумови до формування цілого ряду захворювань, котрі мають як спадкову природу, так і є набутими, передусім хвороб центральної нервової і серцево-судинної систем, органів дихання і травлення [1, 14].

Таке розмаїття чинників, що впливають на людину, безумовно, зумовлює виникнення різноманітних фізіологічних, біохімічних та морфологічних зрушень у стані організму адаптаційно-приспосувального характеру. З іншого боку, ступінь вираження означених змін має чітку залежність від ступеня важкості, напруженості та інтенсивності занять у закладі вищої освіти, методики викладання, а також ступеня індивідуалізації навчання.

Так, виявлено, що в процесі навчання у закладі вищої освіти серед студентів



доволі часто реєструються неадекватні психоемоційні реакції у відповідь на вплив стресових явищ, передусім, у зв'язку із зміною стереотипу звичної повсякденної діяльності, формуються суттєві передумови щодо надзвичайно раннього виникнення явищ розумової втоми, ознаки порушення перебігу адаптаційних реакцій до напруженої розумової праці, що надзвичайно важливі як з точки зору впливу на стан здоров'я, так і з точки зору формування в подальшому адекватних життєвих та професійних установок, а також ціннісних орієнтацій молодих людей.

Дані вивчення функціонального стану центральної нервової системи студентів в процесі навчання вказують на її недостатньо високу стійкість, що зумовлює виникнення неадекватних психоемоційних реакцій у відповідь на вплив стресових ситуацій і навіть призводять до формування патологічних психічних зрушень. Установлено, що у цей період спостерігається суттєве зростання вірусних та алергічних захворювань, зокрема, підвищується чутливість організму до дії харчових, побутових та медикаментозних алергенів.

Вищезазначені зрушення, безперечно, негативно впливають на перебіг адаптаційних реакцій до інтенсивної, напруженої та копіткої розумової праці, яка властива для навчання в умовах сучасних закладів вищої освіти.

Слід зауважити, що процес навчання в умовах медичних закладів вищої освіти характеризується впливом на організм студентів ще двох надзвичайно важливих специфічних факторів [13]. Перший фактор пов'язаний з високою інтенсифікацією та концентрацією навчального матеріалу теоретичного змісту на молодших курсах під час вивчення фундаментальних загально-медичних дисциплін, другий – обумовлений необхідністю значної зміни звичного стереотипу навчальної діяльності у зв'язку в початком вивчення клінічних дисциплін [10].

Тому до числа факторів, що найбільш суттєво впливають на функціональний стан та рівень працездатності організму студентів слід віднести: вихідний рівень соматичного і психічного здоров'я та його зміни протягом періоду навчання, провідними характеристиками яких є поточна соматична і психічна захворюваність, мотиваційні та особистісні властивості, швидкість адаптації до нових форм навчальної діяльності, житлових і побутових умов, рухової активності, режиму харчування та сну тощо.

Найбільш вагомим з точки зору оцінки ступеня адаптованості організму студентів щодо виконання повсякденної діяльності, безсумнівно, є вихідний



рівень здоров'я, який у багатьох аспектах визначає особливості перебігу адаптаційних процесів під час пристосування їх організму до високих навчальних навантажень та незвичних умов перебування [1, 8, 9]. Погіршення рівня здоров'я, в першу чергу, поява певних відхилень від умовної норми з боку критеріальних показників соматичного та психічного здоров'я, а також формування різноманітних патологічних станів неминуче призводить до порушення адаптаційних механізмів та зниження адаптаційних можливостей дівчат і юнаків. Натомість збільшення функціональних можливостей та покращання стану здоров'я є невід'ємним елементом оптимізації перебігу адаптаційних процесів, що відбуваються в організмі студенток і студентів.

Так, дані комплексної та поглибленої оцінки стану здоров'я сучасної студентської молоді надають можливість розподілити дівчат і юнаків на групи практично здорових осіб, студенток і студентів, яких слід віднести до групи ризику, а також тих, що страждають на різні захворювання. Такий поділ студентської молоді, критерієм якого є рівень адаптаційних ресурсів їх організму, дозволяє розробити наукові основи вивчення стану здоров'я, здійснити цілеспрямоване вивчення фізіологічних механізмів професійної адаптації до умов інтенсивної розумової діяльності і, на цій підставі, обґрунтувати раціональний режим організації повсякденної діяльності.

Дійсно, рівень здоров'я являє собою важливий показник ефективності професійної підготовки та успішності професійного становлення, разом з тим, до головних передумов його зниження і, таким чином, зменшення адаптаційних ресурсів організму відносять порушення основних режимних елементів добової діяльності, вплив інтенсивної розумової праці, нервово-емоційне напруження, гіпокінезію тощо.

В популяції сучасного студентства кількість осіб, котрі відносяться до I групи здоров'я, як правило, коливається у межах від 10 до 20%, лише іноді досягаючи 25-30%, число осіб, що мають морфофункціональні відхилення або часто та тривало хворіють і, отже, мають бути віднесені до II групи здоров'я становить 35-40 %, і, зрештою, кількість студентів, які відносяться до III-IV групи здоров'я – 40-50 %. Серед структурних особливостей захворюваності привертає на себе увагу значне поширення нервових хвороб, психічних розладів, захворювань системи кровообігу та шлунково-кишкового тракту. Причому ступінь поширення різних хронічних захворювань серед студентів коливається у



достатньо широких межах (від 3% до 40%), причому, спостерігається чітка тенденція щодо зростання рівня захворюваності протягом періоду навчання від молодших до старших курсів.

Незаперечною умовою успішного перебігу процесів професійного ставлення та збереження здоров'я слід визнати урахування особливостей особистості студентів, у структурі яких провідні місця займають властивості темпераменту та характеру, мотиваційна спрямованість, а також показники психічних станів. Головною відмітною рисою цього вагомого та невід'ємного компонента підвищення ступеня ефективності професійної підготовки дівчат і юнаків є запровадження індивідуального та диференційованого підходів до кожної особистості, що значно спрощує і полегшує хід адаптаційних перетворень у відповідь на вплив незвичних умов перебування, зрушень з боку стереотипів повсякденного життя.

У цьому контексті особливе значення має здійснення прогнозування здоров'я дівчат і юнаків, а також рівня успішності їх професійної підготовки на майбутнє, якому передують та фактично являє собою його підґрунтя, поглиблений аналіз характеристик розумової і фізичної працездатності, функціонального стану організму, особливостей способу життя, організації праці та відпочинку, умов перебування тощо.

Отже, рівень здоров'я студентів слід розглядати як важливий показник якості підготовки молодих фахівців, основу їх професійного довголіття, а серед основних причин погіршення стану адаптаційних ресурсів необхідно відзначити поєднання несприятливого впливу наслідків як інтенсивної розумової праці та вираженої нервово-емоційної напруженості, так і гіпокінезії. Гіпокінезія, тобто низький рівень рухової активності являє собою надзвичайно поширений у сучасному студентському середовищі гігієнічний чинник, який є серйозною соціально-гігієнічною проблемою вузівської ланки сучасної освітянської системи, суттєво ускладнює процеси адаптації до нових соціальних умов перебування та навчання [3, 4].

Увага дослідників до проблеми обмеженої рухової активності зумовлена насамперед тим, що гіпокінезія є системотвірним фактором надзвичайно потужної біологічної дії, який викликає глибинну перебудову мікро- та макроструктур організму людини як біологічної системи [10]. Низький рівень рухової активності справляє достатньо складний і різнобічний вплив на організм людини. Розмаїття причин дефіциту рухів, різний ступінь його вираження та



тривалості зумовлюють досить широкий діапазон змін в організмі – від адаптаційно-фізіологічних до патологічних. У повсякденному житті низький рівень рухової активності спочатку зумовлює адаптацію організму та його перехід на новий рівень функціонування. Така фізіологічна перебудова на перший погляд не відображається на стані організму. Однак в екстремальних умовах, при виникненні необхідності мобілізувати резервні можливості організму наслідки гіпокінезії стають очевидними. До того ж подальше обмеження рухової активності само по собі викликає виникнення передпатологічного стану, тобто стану передзахворювання [10, 12].

Впродовж періоду навчання у закладах вищої освіти дефіцит рухової активності призводить до погіршення адаптації серцево-судинної системи учнів та студентів до стандартних фізичних навантажень. В умовах гіпокінезії відмічаються низькі показники життєвої ємності легень, станової сили, збільшується маса тіла за рахунок відкладання жирових компонентів, реєструється підвищений рівень холестерину в крові, захворюваність школярів, для яких надто характерним є дефіцит рухової діяльності в 2 рази вища, ніж у ровесників з високим рівнем рухової активності, що, очевидно, пов'язано зі зниженням загальної неспецифічної резистентності організму.

Отже, гіпокінезія студентів є серйозною гігієнічною проблемою, що потребує розробки профілактичних заходів з обов'язковим забезпеченням виконання наукових рекомендацій щодо скорочення статичного компонента в ході проведення навчальних занять та раціональної організації вільного часу, пропагування здорового способу життя серед сучасного студентства.

Не менш важливим компонентом адаптаційного процесу організму до інтенсивної та трудомісткої навчальної діяльності у закладах вищої освіти різноманітного профілю вважають акліматизацію, тобто складний соціально-біологічний процес активного пристосування особистості до нових кліматичних умов, що можуть виникнути внаслідок переїзду юнаків та дівчат з місць постійного перебування у шкільні роки життя в інші кліматичні регіони, де розташовані освітні установи.

Постійний вплив певних кліматичних умов і пов'язаних з ними метеорологічних та мікрокліматичних особливостей житла, особливостей харчування та режиму дня на організм людини призводять до утворення численних складних умовних рефлексів, перебудови динамічного стереотипу повсякденної діяльності, що склався, і, як результат, зумовлюють формування





нового динамічного стереотипу, котрий в найбільшій мірі відповідає конкретним кліматичним умовам, установлюється шляхом створення як тимчасових, так і постійних рефлексорних зв'язків із навколишнім середовищем та супроводжується суттєвими змінами у функціональному стані центральної нервової системи, органів кровообігу, сенсорних систем та обмінних процесів.

Проте важливими за змістом компонентами акліматизаційного процесу є не лише незвичні кліматичні умови, але й характер та умови життя людей, тобто чинники, за допомогою яких людина послаблює шкідливий вплив надзвичайних для неї клімато-географічних умов. Тому комфортне житло та адекватний одяг, що ураховують особливості конкретного кліматичного регіону, раціональний режим праці та відпочинку, повноцінне харчування, високий рівень матеріального забезпечення, кваліфікована медико-профілактична допомога, можливість отримання адекватних рівню домагань освіти та професійних навичок і умінь сприяють пристосуванню людини до нових клімато-географічних умов. Таким чином, акліматизація – це фізіологічне пристосування, можливості якого багато в чому залежать від умов праці, побуту та харчування, що можуть пом'якшувати і компенсувати вплив несприятливих умов [5, 6].

Необхідно підкреслити і той факт, що повна акліматизація можлива лише за умов, коли вплив кліматичних чинників не вимагає від організму людини надмірного напруження, яке виходить за межі його функціональних можливостей та компенсаторних механізмів. Тому акліматизація як фізіологічне явище являє собою здатність організму до найбільш адекватних взаємовідносин з незвичними клімато-географічними умовами. Якщо ж вимоги перевищують ці можливості, виникає стан декомпенсації організму, невід'ємними атрибутами якого є виражені патологічні зрушення з боку провідних життєво-важливих органів та систем.

Виділяють три основних фази акліматизації: початкову фазу, фаза перебудови динамічного стереотипу, яка може реалізуватися або сприятливо або несприятливо та фаза стійкої акліматизації. Для початкової фази акліматизації характерним є здійснення більшості з фізіологічних реакцій, що були описані вище. Друга фаза, а саме фаза перебудови динамічного стереотипу є найбільш значущою з прогностичної точки зору. Так, якщо цей процес є сприятливим, то друга фаза поступово переходить у третю. Якщо ж перебіг другої фази відбувається з численними ускладненнями реєструється достатньо широке коло



дезадаптаційних зрушень: метеоневрози, метеорологічні артралгії, міалгії, невралгії, зниження загальної працездатності, нервово-психічні зрушення депресивного характеру, загострення хронічних захворювань тощо. Лише застосування відповідних лікувально-профілактичних та гігієнічних заходів може забезпечити перехід процесів, що відбуваються, у наступну фазу. Однак якщо їх перебіг вкрай несприятливий, такий перехід не спостерігається, реєструється посилення різноманітних патологічних проявів і, як наслідок, акліматизація не відбувається. Тоді людині неодмінно необхідно повернутися у попередні кліматичні умови. Третя фаза характеризується стабільністю обмінних процесів, відсутністю розладів з боку стану здоров'я, забезпеченням високого рівня працездатності, відносно незначним рівнем захворюваності, нормальним станом харчування, повноцінним фізичним та розумовим розвитком людини.

Прискоренню та полегшенню процесів акліматизації до несприятливих кліматичних умов в значній мірі сприяє проведення заходів гігієнічного змісту, спрямованих на покращання умов праці і побуту, організацію раціонального харчування, конструювання доцільного одягу тощо. Велике значення у цьому процесі мають заходи щодо підвищення резистентності організму, передусім загартовування та додаткова вітамінізація, а також проведення протирецидивного лікування хронічних захворювань

## **Висновки**

Проблема професійної адаптації являє собою процес активного пристосування людини до виробничої діяльності, нового соціального оточення, умов праці та особливостей конкретної спеціальності і, отже, є пріоритетною областю наукових досліджень, що розташована на перехресті різних галузей знань та набуває у сучасних умовах все більшого і більшого значення.

У зв'язку з цим адаптаційну концепцію потрібно розглядати як один з найбільш перспективних підходів щодо комплексного вивчення стану здоров'я та стану функціональних можливостей організму людини, а наукові дослідження, метою яких є розроблення та наукове обґрунтування гігієнічних аспектів оптимізації професійної адаптації студентів до навчальної діяльності в умовах закладів вищої освіти слід вважати доречними, сучасними та надзвичайно актуальними.



## *Verweise / References*

### *Chapter 1.*

1. Антоняк Г.Л. Вплив гідрокортизону на деякі ланки метаболізму в міелоїдних клітинах і лейкоцитах / Г.Л. Антоняк, В.В. Снітинський // Фізіол. журнал. – 2000. - № 6., Т. 46. – С. 36-44.
2. Боднар П.М., Михальчишин Г.П., Комисаренко Ю.І., Ендокринологія: підручник / За ред.: проф. П.М. Боднара. – Вінниця. Нова книга. 2010. – 464с.
3. Гарська Н.О. Вплив нейтрофілів на формування адаптаційних реакцій систем крові за умов змін імунного статусу організму: Автореф. Дис. Канд. біол. наук: 03.00.13 / Н.О. Гарська. – Київ: Нац. Ун-т ім. Т.Шевченка, 2000. – 16 с.
4. Єщенко Ю.В. Стрес і метаболізм металів / Єщенко Ю.В. – Запоріжжя: ЗНУ, 2010. – 268 с.
5. Клінічна ендокринологія: підручник / В.М. Хворостінка, В.М. Лісовий, Т.А. Моїсеєнко та ін.; за ред. В.М. Хворостінки. – Київ : Медицина, 2009. –544 с.
6. Клінічна фармакологія : Підручник для студентів і лікарів / [Абдуєва Ф. М., Бичкова О. Ю., Бондаренко І. О. та ін.]; за загальною редакцією М. І. Яблучанського та В. М. Савченка. – Х. : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2011. – 405 с.
7. Лазуренко С. І. Психофізіологія установок в регуляції моторики людини: [монографія] / С. І. Лазуренко. – К. : Університет «Україна», 2011. – 406 с.
8. Левенець С. В., Гаврилюк С. В., Боярчук О. Д. Основи нейрофізіології та вищої нервової діяльності: навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. Луганськ: Вид-во ДЗ «ЛНУ імені Т. Шевченка», 2010. 166с.
9. Малоног К.П. Забруднення атмосферного повітря промислового міста як фактор ризику для здоров'я його мешканців / К.П. Малоног, В.В. Загородній //Довкілля та здоров'я. - 2009. - № 1 (48). – С. 33-34.
10. Можаяєва О.О. Роль лізосомального апарату нейтрофілів крові у формуванні адаптаційного синдрому в умовах дисбалансу інсуліну: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук: спец. 03.00.13 "Фізіологія людини і тварин" / О.О. Можаяєва. - Київ.: нац. ун-т ім. Т. Шевченка, 1999. - 19 с.
11. Основи діагностики, лікування та профілактики основних хвороб ендокринної системи : навч. посіб. для студентів медичних факультетів в



- галузі знань 22 «Охорона здоров'я», спеціальностей 222 «Медицина», 228 «Педіатрія» / С. М. Кисельов [та ін.]. – Запоріжжя : ЗДМУ, 2021. - 137 с.
12. Пат. 23158 Україна, М Ж G01N 1/28. Спосіб визначення міді в гранулоцитах крові / Н.В. Григорова, Ю.В. Єщенко, В.Д. Бовт, В.А. Єщенко; заявник і патентовласник Запорізький державний університет. - № U200613382; Опубл. 10.05.2007; Бюл. №6. – 2 с.
13. Патолофізіологія: підручник/ М.Н.Зайко, Ю.В.Биць, М.В.Кришталь та ін. – 6-е вид., переробл. І допов. – К.: ВСВ «Медицина», 2017. – 736 с.
14. Розвиток дефіциту цинку в гранулоцитах крові під впливом забруднення атмосферного повітря / Ю.В. Єщенко, В.Д. Бовт, О.В. Важненко [та ін.] // Питання біоіндикації та екології. – 2008. – Вип. №1. – С. 126-132.
15. Стан клітин Панета щурів при сполученій дії багаторазових фізичного навантаження та алкоголізації. / Ю.В. Єщенко, В.Д. Бовт, В.А. Єщенко [та ін.] //Науковий вісник Миколаївського державного університету імені В.О. Сухомлинського. Серія: Біологічні науки – 2008. - Випуск 24, №4 (1). С 67-69.
16. Функціональні взаємозв'язки інсулярного апарату з гіпокампом / Т.В. Берегова, Н.В. Григорова, Ю.В. Єщенко [та ін.] // Доповіді Національної Академії наук України. – 2008. - №8. – С. 49-52.
17. Абрамец И.И. Метаботропные глутаматные рецепторы нейронов головного мозга и участие в долгосрочных изменениях эффективности межнейронных синаптических связей (обзор литературы и собственных исследований) / Абрамец И.И. // Журнал АМН України. – 1999. – Т. 5., № 1. – С. 3-18.
18. Газенко О.Г. Нервные и эндокринные механизмы стресса / Газенко О.Г. – Кишинёв: АН МССР, ин-т зоологии и физиологии, 1980. – 257 с.
19. Григорян Р.Д. Самоорганизация гомеостаза и адаптации / Григорян Р.Д. – К.: І Академпериодика, 2004. – 501 с.
20. Инбал Аарон-Маор. Всё, что известно о магнии / Аарон-Маор Инбал, Шейнфельд Иегуда // Международный медицинский журнал. – 1998. – № 1. – С. 74-77.
21. Калуев А.В. Проблемы изучения стрессового поведения. / Калуев А.В. – К.: Наука, 1998. – 133 с.
22. Киричек Л.Т. Лекарственный антистресс в эксперименте (иммобилизация, травма, воспаление): [монография] / Л.Т. Киричек, А.В. Перепелица, Р.О. Кальчук. – Харьков: ИПТ «Контраст», 2015. – 93с.



23. Комисаренко В.П. Молекулярные механизмы действия стероидных гормонов / В.П. Комисаренко, А.Г. Минченко, Н.Д. Тронько. – К.: Здоров'я, 1986. – 191 с.
24. Механизмы развития стресса [Сб. ст. / АН МССР, ин-т зоологии и физиологии]. – Кишинев, 1987. – 221 с.
25. Мордарь А.И. Участие эритроцитарных гормонов (инсулина и катехоламинов) в процессе адаптации при стрессе. / А.И. Мордарь // Вісник Сумського держ. університету. – 1995. – № 3. – С. 87-91.
26. Павлов А.С. Физиологические механизмы гомеостатического обеспечения человека при стрессе. /А.С. Павлов / Физиология человека. - №1. - 2001. - С. 65-74.
27. Пшенникова М. Г. Феномен стресса, эмоциональный стресс и его роль в патологии / М. Г. Пшенникова // Патологическая физиология и экспериментальная терапия. – 2001. – № 2. – С. 26–30.
28. Работоспособность в условиях острого физического стресса: роль опиоидной системы. / И. Д. Суркина, А.И. Головачева, В.К. Мешалкин [и др.]. //Фізіол. журн. – 1996. – Т. 42, № 3-4. – С. 42-43.
29. Селье Г. Неспецифическая резистентность / Г. Селье // Патол. Физиол. Эксперим. Терап. – 1961. - №3. – С. 3.
30. Смоляр В.И. Гипо- и гипермикрэлементозы / Смоляр В.И. - К.: Здоровье, 1989 – 152 с.
- 31.Судаков К.В. Новые акценты классической концепции стресса. / К.В. Судаков //Бюл. эспер. биол. и мед. – 1997. – Т. 123, № 2. – С. 124-131.
32. Фурдун Ф.И. Физиологические механизмы стресса и адаптации при остром действии стресс-факторов. / Фурдун Ф.И. – Кишинев, 1986. – 238 с.
33. Adebodun F. Role of intracellular free Ca (II) and Zn (II) in dexamethasone-induced apoptosis and dexamethasone resistance in human leukemic. CEM cell lines. / F. Adebodun, J.F. Post // J. Cell. Physiol. – 1995. – Vol. 163. – P. 80-86.
34. Basic & Clinical Endocrinology. Seventh edition. Edited by Francis S. Greenspan, David G. Gardner. – Mc Graw – Hill Companies, USA, 2004. – 976p.
35. Bratter P. Trace element speciation in body fluids / P. Bratter, A. Raab, A. Richaz // ICP inf. Newslett – 2000. – Vol. 7., Suppl. 4. – P. 285–290.
36. Emotional behavior in female rabbits: Hippocampal FEG and neuroendocrine aspects. / G. Fontana, A.M. Aloisi, L. Lodi [et al.]. // Arch. Ital. Biol. – 1999. – Vol. 137, № 4. – P. 263-278.



37. Evidence for hippocampal regulation of neuroendocrine neurons of the hypothalamopituitary-adrenocortical axis. / J.P. Herman, M.K. Schäfer, E.A. Young [et al.]. // *J. Neurosci.* – 1989. – Vol. 9, № 9. – P. 3072-3082.
38. Kudrin A.V. Trace element and apoptosis / A.V. Kudrin // *J. Trace Elem. Med. Boil.* – 1998. – Vol. 12. – P. 65-76.
39. Lukaski H.C. Magnesium, zinc, and chromium nutriture and physical activity. / H.C. Lukaski// *Am. J. Clin. Nutr.* – 2000. – Vol.72, Suppl. 2. – P. 585S-593S.
40. Nair N. Zinc, copper and hydrolytic enzymes in epididymis of hydrocortisone treated rat. / N. Nair, R.S. Bednal, R.S. Mathur // *Indian. Y. Exp. Biol.* – 1998. – Vol. 36, № 1. – P. 22–23.
41. Psychological stress and glucose metabolism in obese and normal-weight subjects: a possible mechanism for differences in stress-induced eating. / Wing R.R., Blair E.H., Epstein L.H. [et al.]. // *Health Psychol.* – 1990. – Vol. 9, № 6. – P. 693-700.
42. Saito K. Trace Elements and Neurotransmitters in the brain under stress. / K. Saito, T. Saito. – Sapporo, 1991. – 131 p.
43. Scheiber I.F. Zinc prevents the copper-induced damage of cultured astrocytes. / I.F. Scheiber, M.M. Schmidt, R. Dringen // *Neurochem. Int.* – 2010. – Vol. 57, № 3. – P. 314-322.
44. The theory of functional systems: General postulates and principles of dynamic organization. Konstantin V. Sudakov. *Integrative Physiological and Behavioral Science* volume 32, pages 392–414(1997) DOI: [10.1007/BF02688634](https://doi.org/10.1007/BF02688634).

## *Chapter 2.*

1. Gorach O.O. Scientific basis of complex processing of flax stalks and seeds: monograph / Tikhosova G.A. Chursina L.A Yanyuk T.I. Kherson: Oldi-plus, 2011. P. 356.
2. Gorach O.O. Development of a technology for obtaining a trust from linseed straw using artificial humidification: thesis. ... technical college Sciences: 05.18.01 / Kherson. national technician Univ. Kherson, 2009. P. 206.
3. Gorach O.O. Scientific development of innovative technologies for the production of technical textiles from oiled flax fibers of various functional purposes: dissertation. ... Dr. Tech. Sciences: 05.18.02 / Kherson. national technician Univ. Kherson, 2021. P. 310.



4. Chursina L.A., Gorach O.O. Dombrovska O.P., Analysis and prospects for the development of the market for food products made from hemp. Kherson city. P. 50-55.
5. Research in the field of new application of natural fibers / Institute of natural fibers: coll. consultant FAO. Poznań (Poland), 1999.
6. UkrAgroConsult
7. In Ukraine, more and more farmers are sowing oil flax. URL: [agronom.com.ua](http://agronom.com.ua)
8. AgroPolygon Arnica: organic technology for growing flax and industrial hemp
9. Flax oil: growing technology, seeds, economy. Advice from experts. URL: <https://superagronom.com/articles/359-lon-oliyniy-tehnologiya-viroschuvannya-nasinnya-ekonomika-poradi-fahivtsiv>
10. Flax is a promising niche crop. URL: <https://www.growthow.in.ua/l-on-perspektyvna-nisheva-kul-tura/>
11. Makovei Yu. In Ukraine, the tendency to increase the area under flax. Kurkul.com, 2023 URL: <https://kurkul.com/news/33659-v-ukrayini-tendentsiya-do-zbilshennya-plosch-pid-lonom>
12. Gorach O.O. Dombrovska O.P., Chursina L.A. Innovative directions of the use of linseed oil and ecological safety of food products Formation of a new paradigm for the development of the agro-industrial sector in the 21st century" edited by Avercheva O.V. Collective monograph. Kherson: Liga-Press, 2021. Volume 2. P. 593-619.
13. Gorach O.O., Dombrovska O.P. The use of linseed and hemp seeds in the food industry Bulletin of the University of Trade and Economics. - Lviv. University of Trade and Economics Publishing House, 2021. Issue 28. P. 18-22.
14. Gorach O.O., Dombrovska O.P. Consumer properties of oil obtained from linseed oil Resource-saving technologies of light, textile and food industry: a collection of theses of reports of the International Scientific and Practical Internet Conference of Young Scientists and Students, November 17-18, 2021 - Khmelnytskyi: KhNU, 2021. p. 171-176.
15. Gorach O.O., Dombrovska O.P. The safety of using flaxseed to improve the quality of food products. Quality and safety of food products: Collection of theses of the V International scientific and practical conference, November 11-12, 2021, Moscow - Kyiv: NUHT, 2021. P. 108-109.
16. Bernacchia, R., Preti, R and Vinci. G. Chemical Composition and Health Benefits of Flaxseed. Austin J. Nutri Food Sci. 2004. 2(8). 1045 p.



17. Mercier, S., Villeneuve, S., Moresoli, C., Mondor, M., Marcos, B., Power, K.A. (2014). Flaxseed-enriched cereal-based products: A review of the impact of processing conditions. *Compr Rev Food Sci F.*, 13, P. 400–412.
18. Lialyk, A., Beiko, L., Kukhtyn, M., Pokotylo O. Vykorystannia lianoi olii u vyrobnytstvi kharchovykh produktiv. *Visnyk ahrarynoi nauky*, 2021, 3 (99). C. 78-83.
19. Simopoulos, A.P. The importance of the ratio of omega6/omega-3 essential fatty acids. See comment in PubMed Commons below *Biomed Pharmacother*, 2002, 56. P. 365–379.
20. Singh, K.K., Mridula, D., Rehal, J. and Barnwal, P. Flaxseed: A potential source of food, feed and fiber. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2011, 51(3). P. 210–222.
21. Kipioro I.M., Husar A.O., Gorach O.O. The use of alternative types of raw materials for the purpose of developing new gluten-free recipes. *Taurian Scientific Herald. Series: Technical sciences / Kherson State Agrarian and Economic University. Kherson: "Helvetika" Publishing House, 2022. Issue 5. P. 38-44.*
22. Gorach O. Conceptual basis of the formulation of gluten-free products based on the use of domestic plant raw materials / *Monografia. Modern aspects of science: XXV. International collective monograph / International Economic Institute s.r.o.. Česká republika: International Economic Institute s.r.o., 2022. p. 373-388.*
23. Gorach O.O. Justification of innovative technologies of functional formulations. *Taurian Scientific Herald. Series: Technical sciences / Kherson State Agrarian and Economic University. Kherson: "Helvetika" Publishing House, 2022. Issue 6. P. 52-58.*
24. Oleynikova S.O., Gorach O.O. Development of innovative technologies for the creation of new generation food products. *Taurian Scientific Bulletin. Series: Technical sciences / Kherson State Agrarian and Economic University. Kherson: "Helvetyka" Publishing House, 2023. Issue 2. p. 164-169.*
25. El-Beltagi, H. S., Salama, Z. A., El-Hariri, D. M. (2007). Evaluation of fatty acids profile and the content of some secondary metabolites in seeds of different flax cultivars (*Linum Usitatissimum L.*). *General Applied Plant Physiology*, 33, P. 187–202.
26. Harper, C. R., Edwards, M. J., DeFilippis, A. P., Jacobson, T. A. (2006). Flaxseed oil increases the plasma concentrations of cardioprotective (n-3) fatty acids in humans. See comment in PubMed Commons below *J Nutr.*, 36, P. 83–8.





27. Dupasquier. C. M., Dibrov. E., Kneesh, A. L., Cheung, P. K., Lee, K. G., Alexander, H. K. (2007). Dietary flaxseed inhibits atherosclerosis in the LDL receptor- deficient mouse in part through antiproliferative and anti-inflammatory actions. See comment in PubMed Commons below Am J Physiol Heart Circ Physiol., 293, P. 2394–2402.
28. Harper, C. R., Edwards, M. J., DeFilippis, A. P., Jacobson, T. A. (2006). Flaxseed oil increases the plasma concentrations of cardioprotective (n-3) fatty acids in humans. See comment in PubMed Commons below J Nutr., 136, P. 83–87.
29. Gorach O. Dombrovska O., Tikhosova A. Scientific development of innovative technologies of obtaining composite materials from of oilseed flax fibers. *Fibres and Textiles Vlákná a textil* 28(4), 2021. P. 25-30.
30. Gorach O. Dombrovska O., Tikhosova A. Development of resource-saving technologies for obtaining composite materials based on the use of oilseed flax fibers. *Inmatch - agricultural engineering*, 2021. Vol. 65. № 3. P. 275-283.

### *Chapter 3.*

1. Lobunko O.P., Iskra O.O. Substantiation of the protection system's configuration for the reusable spacecraft. III International Scientific and Practical Conference science in the environment of rapid changes: materials of the International Scientific and Practical Conference, Belgium, 2023. P. 189-194.
2. Lobunko O., Iskra O. Mathematical Modeling of the Thermal Conditions of Aerospace Products" Protection Systems. International Scientific and Technical Conference "Sensors, Devices and Systems - 2023": Proceedings of the International Scientific and Technical Conference, Ukraine, Cherkasy, 2023. P. 8-10.
3. Lobunko O.P. Simulation of degradation of individual characteristics of gas turbine engine components. XXXI International scientific and practical conference "Science, worldview and modern youth": materials of the International Scientific and Practical Conference, USA, San Francisco, August 8-11, 2023. P. 118-123. ISBN 979-8-89074-562-0, doi - 10.46299/ISG.2023.1.31.
4. Polezhayev Y.V., Frolov G.A. Thermal destruction of materials. Kyiv: IPM, 2005. 288 p.
5. Lobunko O.P., Makarevych I.M. Directions for improving algorithms for



- monitoring and predicting the technical condition of aircraft engines. Collection of scientific works of the SRIA. Kyiv, 2005, issue 1(8). P. 89-94.
6. Karpinos B.S., Korovin A.V., Lobunko O.P., Vedishcheva M.Y. Operational damage of aircraft turbojet twin-circuit engines with afterburners. *Journal Vesnik dyvtomobilnosti. Zaporizhzhya*, 2014. P. 18-24.
  7. Karpinos B.S., Lobunko O.P., Grenj V.M., Korovin O.V. Computer modeling of operational states of the fuel manifold of an aircraft engine. Collection of scientific papers of the SRIA. Kyiv, 2013, issue 9(16), P. 174-179.
  8. Karpinos B.S., Lobunko O.P., Kuzmin S.M., Gren V.M. Methods for predicting the durability of structural elements of aircraft power plants based on modeling the stress state and the influence of operational factors. Collection of scientific works of the SRIA. Kyiv, 2014, issue 10(17). P. 183-187.
  9. Lobunko O.P., Yarovitsyn O.V. Modern scientific and technological aspects of repair of aircraft engine parts. Collection of scientific papers of the SRIA. Kyiv, 2019, issue №15 (22). P.153-160.
  10. Yushchenko K.A., Lobunko O.P. Systematization and certification of standard technologies for the repair of aircraft parts. SPC "Actual Problems of Aviation Equipment Development". Kyiv, 2012. p. 37.
  11. Piacquadio, S., Pridöhl, D., Henkel, N., Bergström, R., Zamprota, A., Dafnis, A., & Schröder, K.-U. (2023). Comprehensive Comparison of Different Integrated Thermal Protection Systems with Ablative Materials for Load-Bearing Components of Reusable Launch Vehicles. *Aerospace*, 10, 319. <https://doi.org/10.3390/aerospace10030319>.
  12. Xu, Q., Li, S., & Meng, Y. (2021). Optimization and Re-Design of Integrated Thermal Protection Systems Considering Thermo-Mechanical Performance. *Applied Sciences*, 11. <https://doi.org/10.3390/app11156916>.
  13. Wang, S., Gao, F., Liu, H., Zhang, J., Fan, M., & Yang, K. (2021). Study on the influence of the thermal protection material on the heat dissipation of the battery pack for energy storage. *E3S Web of Conferences*, 252. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202125202045>.
  14. Naito, M., Kodaira, S., Ogawara, R., Tobita, K., Someya, Y., Kusumoto, T., Kusano, H., Kitamura, H., Koike, M., Uchihori, Y., Yamanaka, M., Mikoshiba, R., Endo, T., Kiyono, N., Hagiwara, Y., Kodama, H., Matsuo, S., Takami, Y., Sato, T., & Orimo, S. (2020). Investigation of shielding material properties for effective space radiation protection. *Life Sciences in Space Research*, 26, 69-76.



<https://doi.org/10.1016/j.lssr.2020.05.001>.

15. Ma, S., Zhang, S., Wu, J., Zhang, Y., Chu, W., & Wang, Q. (2023). Experimental Study on Active Thermal Protection for Electronic Devices Used in Deep—Downhole—Environment Exploration. *Energies*, 16, 1231. <https://doi.org/10.3390/en16031231>.
16. Hilorme, T., Nakashydzhe, L., Mazyrik, S., Gabrinets, V., Kolbunov, V., & Gomilko, I. (2022). Substantiation for the selection of parameters for ensuring electro-thermal protection of solar batteries in spacecraft power systems. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (8 (117)), 17-24. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.258480>.
17. Gupta, R.K., Ramkumar, P. (2015). Titanium Aluminides for Metallic Thermal Protection System of Reusable Space Transportation Vehicle: A Review. *Frontiers in Aerospace Engineering*, 4 (1). <http://doi.org/10.12783/fae.2015.0401.02>.

#### Chapter 4.

1. Степанов А.В. Патент на винахід UA 105864 С2. Пристрій керування за допомогою жестів. Опубл.: 10.03.2017. Бюл. №10.
2. Батрашкін А.П., Богданов О.О., Іксанов М.Р., Кутулбаєв І.М., Пермьяков О.Ф. Патент на корисну модель RU169864U1. Пристрій копіюючого керування маніпулятором. Опубл.: 04.04.2017. Бюл. №10.
3. Юрчик Ф.Д., Биканова Г.Ю., Биканов Д.В. Патент на винахід RU2277043С1. Пристрій для дистанційного керування маніпулятором. Опубл.: 27.05.2006. Бюл. №15.
4. Ащепкова Н.С. Патент на корисну модель UA146657U. Пристрій дистанційного керування антропоморфним маніпулятором. Опубл.: 10.03.2021. Бюл. №10.
5. Ashhepkova N. Development of a remote manipulator control method // В кн. “Wissenschaft für den modernen Menschen (Science for modern man)”// Germany, 2021. – P. 84 – 96, DOI: 10.30890/2709-2313.2021-04-04-023
6. Cholis N., Sutjiredjeki E., Akbar H. W. C. Developing an electronic glove based on fuzzy logic for mobile robot control (2019), *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, January 2019, Vol. 36(2), P. 1-7, DOI: 10.3233/JIFS-18968
7. Yousuf B., Mehdi A., Khan A. S. and other. Robust Feedback Control Design of



- Underactuated Robotic Hands with Selectively Lockable Switches for Amputees (2018), *Journal of Robotics*, June 2018, Vol. (8), P. 1-9, DOI: 10.1155/2018/6835968
8. Walker C. R., Nađ Đ., Orbaugh D. and other. Diver-Robot Communication Glove Using Sensor-Based Gesture Recognition (2023), *IEEE Journal of Oceanic Engineering*, July 2023, Vol. 99, P. 1-11, DOI:10.1109/JOE.2023.3265634
  9. Ferreira F., Kvasic I., Nađ Đ. and other. Diver-Robot Communication Using Wearable Sensing: Remote Pool Experiments (2022), *Marine Technology Society Journal*, October 2022, Vol. 56(5), P. 26-35, DOI: 10.4031/MTSJ.56.5.5
  10. Aldabbagh A., Solly E. Gesture Controlled Mobile Robot (2023), 5th International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications (HORA), June 2023, <https://ieeexplore.ieee.org/document/10156800>, DOI: 10.1109/HORA58378.2023
  11. Yu H., Zheng D., Liu Y. and other. Data Glove with Self-Compensation Mechanism Based on High-Sensitive Elastic Fiber-Optic Sensor (2023), *Polymers*, December 2022, Vol. 15(1), #100, DOI: 10.3390/polym15010100
  12. Prabhu M., Parthasarathi S., Vishnukaarthi M. and other. Humanoid gesture control arm with manifold actuation using additive manufacturing (2020), *Materials Today Proceedings*, July 2020, Vol.37(10), DOI: 10.1016/j.matpr.2020.05.724
  13. Verma Y., Rastogi V. Two Finger Gesture Imitating Animatronic Hand (2020), *IOP Conference Series Materials Science and Engineering*, February 2020, Vol. 748(1), #012004, DOI: 10.1088/1757-899X/748/1/012004
  14. Barstuğan M., Osmanpaşaoğlu Z. Deep learning based human robot interaction with 5G communication (2023) *Konya Journal of Engineering Sciences*, June 2023, Vol. 11(2), P. 423-438, DOI: 10.36306/konjes.1228275
  15. Fang P., Zhu Y., Lu W. and other. Smart Glove Human-Machine Interface Based on Strain Sensors Array for Control UAV (2023), *International Journal of Electrical and Electronic Engineering and Telecommunication*, January 2023, Vol. 12 (3), P. 216-22, DOI: 10.18178/ijeetc.12.3.216-222
  16. Wang J., Xu J., Chen T. Wearable human-machine interface based on the self-healing strain sensors array for control interface of unmanned aerial vehicle (2021), *Sensors and Actuators A Physical*, January 2021, Vol. 321(3014), #112583, DOI: 10.1016/j.sna.2021.112583



### Chapter 5.

1. Some issues of critical infrastructure facilities: Resolution of the Cabinet of Ministers of 9 October 2020 No. 1109. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1109-2020-%D0%BF#Text> [in Ukrainian].
2. Brych V., Borysiak O., Tkach U. (2022). Development of critical technologies in the context of strengthening environmental, energy and food security. *Economic analysis*, 32 (4), 279-288. DOI: <https://doi.org/10.35774/econa2022.04.279> [In Ukrainian]
3. Borysiak O., Brych V. (2022). Post-COVID-19 Revitalisation and Prospects for Climate Neutral Energy Security Technologies. *Problemy Ekorozwoju*, 17(2): 31-38. DOI: <https://doi.org/10.35784/pe.2022.2.04> [in English].
4. Pavlov V. I. (2000). Policy of regional development in the conditions of market transformation (theoretical and methodological aspects and mechanisms of implementation): monograph. Lutsk: Nastyr'ya [in Ukrainian].
5. Inclusive dimension of the development of cities-centres of business activity of Ukraine: trends and prospects: scientific report / NAS of Ukraine. M.I. Dolishnyi Institute of Regional Studies of the National Academy of Sciences of Ukraine; scientific editor M.I. Melnyk. Lviv, 2019. URL: <http://ird.gov.ua/irdp/p20190301.pdf> [in Ukrainian].
6. Glossary of the United Nations Development Programme. URL: <http://www.ua.undp.org/content/ukraine/uk/home.html> [in Ukrainian].
7. Klymenko M. O., Klymenko L. V., Budnik Z. M. (2020). Methodical instructions for self-study of the discipline "Strategy of Sustainable Development" for applicants for higher education of the second (master's) level of all educational and professional programmes of specialities of NUWHP full-time and part-time forms of study. Rivne: NUWHP [in Ukrainian].
8. Sachs I. (2004). Inclusive Development Strategy in an Era of Globalization. Policy *Integration Department, World Commission on the Social Dimension of Globalization*, 35. URL: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.464.6665&rep=rep1&type=pdf> [in English].
9. Gobela V.V. (2021). Economic and security ecologisation: theory and practice. Lviv: Lviv State University of Internal Affairs NUWHP [in Ukrainian].
10. Regional report on the state of the environment in the Ternopil region in 2021. URL: [https://ecology.te.gov.ua/media/uploads/%D1%80%D0%B5%D0%B3\\_%D0%B4](https://ecology.te.gov.ua/media/uploads/%D1%80%D0%B5%D0%B3_%D0%B4)



[%D0%BE%D0%BF%D0%BE%D0%B22021\\_compressed.pdf](#) [in Ukrainian].

11. Analytical report "Baseline study of the state and directions of development of Ukraine's environmental policy and prospects for strengthening the participation of civil society organisations in the development and implementation of environmentally friendly policies" (period: 2018-January 2019). URL: <https://www.irf.ua/wp-content/uploads/2019/12/baseline-research-report-publishing-dec-2019.pdf> [in Ukrainian].
12. Borysova T., Monastyrskiy G., Borysiak O., Protsyshyn Yu. (2021). Priorities of Marketing, Competitiveness, and Innovative Development of Transport Service Providers under Sustainable Urban Development. *Marketing and Management of Innovations*. Vol. 3, P. 78-89. DOI: <http://doi.org/10.21272/mmi.2021.3-07> [in English].
13. Borysiak O., Mucha-Kuś K., Brych V., Kinelski G. (2022). Toward the Climate-Neutral Management of Innovation and Energy Security in Smart World : monograph. Berlin, Germany: Logos Verlag Berlin GmbH [in English].
14. Five technologies that will change people's lives in 2020: Deloitte research. URL: <https://www.epravda.com.ua/publications/2020/03/10/657849/> [in Ukrainian].

## Chapter 6.

1. Клокова Н.П. Тензорезисторы. Датчики и системы. 2004, №3, с.10-12.
2. Гридчин В.А., Любимский В.М.. Пьезосопротивление в пленках поликристаллического кремния р-типа. ФТП, 2004, т.38, в.8.
3. Nikolay Gorbachuk, Mikhail Larionov, Aleksey Firsov, Nikolay Shatil. Semiconductor Sensors for a Wide Temperature Range. *Sensors & Transducers Journal and Magazine*, Vol. 162, Issue 1, January 2014, pp.1-4
4. Горбачук Н.Т., Диденко П.И. Исследование некоторых электрофизических свойств пленок n-Si, легированных ионной имплантацией. Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования, 2006, №4, с.104-106
5. Горбачук М.Т.. Електротехнічні матеріали. Навчальний посібник. LAP LAMBERT Academic Publishing. 17 Meldrum Street, Beau Bassin 71504, Mauritius, 2017. ISBN: 978-620-2-05432-4, 110 с.
6. Дружинин А.А., Марьямова И.И., Кубраков А.П., Павловский И.В.



- Тензорезисторы для низких температур на основе нитевидных кристаллов кремния. Технология и конструирование в электронной аппаратуре. 2008, №4, с. 26-30.
7. Беляков В.А., Горбачук Н.Т., Ламзин Е.А., и др. Полупроводниковые измерительные преобразователи деформации, температуры и магнитного поля для применения в условиях радиационного воздействия, широком диапазоне температур и магнитных полей. «Вопросы атомной науки и техники», Серия: Электрофизическая аппаратура, в.3(29), 2005, с.46-54.
  8. Клокова Н.П. Тензорезисторы. -М.: Машиностроение, 1990.-224с.
  9. Дайчик М.Л., Пригоровский Н.И., Хуршудов Г.Х. Методы и средства натурной тензометрии. Справочник. М. Машиностроение, 1989.-240с.
  10. Ваганов В.И. Интегральные тензопреобразователи. –М.: Энергоатомиздат, 1983. – 136 с.
  11. Терстон Р. Применение полупроводниковых преобразователей для измерения деформаций, ускорений и смещений. –В кн.: Физическая акустика/ Под ред. У. Мэзона, т.1, часть Б –Методы и приборы ультразвуковых исследований. Пер. с англ. – М.: Мир, 1967, с.187–209.
  12. Зеегер К. Физика полупроводников. Пер. с англ. под ред. Ю.К. Пожелы. –М.: Мир, 1977, с. 615.
  13. Smith C.S. Piezoresistance effect in germanium and silicon. – Phys. Rev. 1954, v. 94, 1, p. 42–49.
  14. Tufte O.N., Stelzer E.L. Piezoresistive properties of silicon diffused lauers.– J. Appl. Phys., 1963, v. 34, 9, p. 313–318.
  15. Патент РФ 2043671. Полупроводниковый тензорезистор. Авт. Горбачук Н.Т. / Б.И. 1995, №25.

### *Chapter 7.*

1. Kent, Joel. "Touchscreen technology basics & a new development". CMOS Emerging Technologies Conference. CMOS Emerging Technologies Research, 2020. 306 p.
2. Weichbold M. "Touchscreen-Befragungen: Neue Wege in der empirischen Sozialforschung". Frankfurt am Main : Peter Lang, 2005. 360 p.
3. Dufseth R. "Interfacing with MaXTouch Touchscreen Controllers". Microchip



- Technology Incorporated, 2017. 260 p.
4. Ken, N., Henry, D. *"Information Display"*. Acoustic Pulse Recognition Enters Touch-Screen Market, pp.22– 25, 12/2006.
  5. Mudit, B. Anand, B. *"Comparative Study of Various Touchscreen Technologies"*. International Journal of Computer Applications, Vol. 6 – No.8, pp.0975 – 1087, September 2010.
  6. Geoff, W. *"Touch On the Consumer Desktop and In Large-Format"*. NextWindow FPD International 2010, pp.1– 41, 2010.
  7. Stetson, John W. *"Analog resistive touch panels and sunlight readability."* Information Display p.128, 2006.
  8. Aguilar, R. N., and G. C. M. Meijer. "Fast interface electronics for a resistive touch-screen." SENSORS, 2002 IEEE. Vol. 2. IEEE, 2002.
  9. Bhalla, Mudit Ratana, and Anand Vardhan Bhalla. "Comparative study of various touchscreen technologies." International Journal of Computer Applications 6.8, p.16-18, 2010.
  10. Baxter L. K. *"Capacitive sensors: Design and applications"*. New York : IEEE Press, 1997. 302 p.
  11. Nam, Hyongsik, et al. *"Review of capacitive touchscreen technologies: Overview, research trends, and machine learning approaches."* Sensors p. 776. 2021.
  12. Mayer, Sven, Huy Viet Le, and Niels Henze. *"Estimating the finger orientation on capacitive touchscreens using convolutional neural networks."* Proceedings of the 2017 ACM International Conference on Interactive Surfaces and Spaces. 2017.
  13. Kent, Joel, Masao Takeuchi, and Greg Laux. *"Touchscreen Inventions."* 2007 IEEE Ultrasonics Symposium Proceedings. IEEE, 2007.
  14. Katsuki, T., et al. *"A compact and high optical transmission SAW touch screen."* IEEE Symposium on Ultrasonics, 2003. Vol. 1. IEEE, 2003.
  15. Wei, Zheng, et al. *"The design of infrared touch screen based on MCU."* 2011 IEEE International Conference on Information and Automation. IEEE, 2011.
  16. Hoye, Timothy, and Joseph Kozak. *"Touch screens: A pressing technology."* Tenth Annual Freshman Engineering Sustainability in the New Millennium Conference April. Vol. 10. 2010.
  17. Maxwell, Ian. *"An overview of optical-touch technologies."* Information Display p.26, 2007.
  18. Pedersen, Henrik C., et al. *"Optical touch screen based on waveguide sensing."* Applied Physics Letters p. 99. 2011.





19. Den Boer, Willem, et al. *"Active matrix LCD with integrated optical touch screen."* SID Symposium Digest of Technical Papers. Vol. 34. No. 1. Oxford, UK: Blackwell Publishing Ltd, 2003.
20. Coni, Philippe, Frederic Merino, and Frederic Renaud. *"A Projected Capacitive Touchscreen Operating under High Intensity Radiated Field"*. No. 2015-01-2533. SAE Technical Paper, 2015.
21. O'Connor, Todd. *"Projected Capacitive Touch Screen Sensing Theory of Operation."* Microchip Technology Inc. p.64. 2010.
22. Reis, S., et al. *"Touchscreen based on acoustic pulse recognition with piezoelectric polymer sensors."* IEEE International Symposium on Industrial Electronics. IEEE, 2010.
23. Nuwan, M. C., and G. D. Illperuma. *"TOUCH SCREEN TECHNOLOGY BASED ON ACOUSTIC PULSE LOCALIZATION."* Annals. Computer Science Series. 2015.
24. Ghaziasgar, Mehrdad, and James Connan. *"A surface acoustic wave touchscreen-type device using two transducers."* (2008).

## Chapter 8.

1. Абрамян В.Ц. Театральна педагогіка. – К.: Лібра, 1996. – 223 с.
2. Барсукова Н. И. Дизайн среды в проектной культуре постмодернизма конца XX - начала XXI веков диссертация по ВАК 17.00.06, доктор искусствоведения, <http://cheloveknauka.com/art-dizayn-v-zarubezhnom-proektirovanii-mebeli-xx-nachala-xxi-vv#>.
3. В. Баклагина, О.Чернышев. Концепция Л.С. Выготского о единстве аффективных и интеллектуальных процессов как теоретико-методологическая основа формирования профессионального мышления дизайнера. — Науч. сб.: Психология. — Минск, 1990 — Вып. X: Психологические проблемы воспитания и обучения.
4. Михайлов, С. М. Интерактивность как определяющий признак дизайна постиндустриального общества, URL:<http://knu.znate.ru/docs/index-410452.html>
5. Розенблюм Е.А. Художник в дизайне: Опыт работы Центральной учебно-экспериментальной студии художественного проектирования на Сенеже. —



М., 1974.

6. Розенсон И.А. Основы теории дизайна – СПб: Питер, 2008 – 219с.
7. Тюрікова О.М. Естетико-педагогічні особливості інтеграційного середовища школи // Науковий вісник Південноукраїнського державного педагогічного університету ім. К.Д.Ушинського: Зб. н. пр. – Одеса, 2005. - №11-12. – С. 81-88.
8. Тюрікова О.М. Середовищний підхід до формування цілісної особистості // Наука і освіта. – 2005. – № 5-6. – С.144-151.
9. Тюрікова О.М. Культурологічні основи підготовки студентів до професійної діяльності архітектора- дизайнера. // Проблемы теории и истории архитектуры Украины : сб. науч.тр. – Одесса, 2010. - № 10. – С. 81-88.
10. Тюрікова Е.Н., Юнг И.С. реализация средового подхода в предпроектных исследованиях студентов – будущих дизайнеров архитектурной среды // Вісник Харківської державної академії дизайну і мистецтва: зб.наук.пр./за ред..Даниленка В.Я. –Х.:ХДАДМ, 2011– № 7. – С.99-107.
11. Шимко В.Т. Архитектурно- дизайнерское проектирование.Средовой поход. - М.:Архитектура-С, 2006.-384с.
12. Чернышов О.В. Формальная композиция. Творческий практикум. - Мн.: Харвест, 1999. -312с.
- 13.Чернышев О.В. Некоторые особенности дизайн-деятельности и подготовка кадров. — В сб.: Художественно-конструкторское образование. Тр. ВНИИТЭ. — М., 1977, Сер.: Техническая эстетика, вып.6.

## ***Chapter 9.***

1. Агаджанян Н. А., Ветчинкина К. Т. Учебный процесс и здоровье студентов. *Современная высшая школа.* 1986. № 1. С. 103-110.
2. Медведев В. И., Марьянович А. Т. Компоненты адаптационного процесса. Л., 1984. 122 с.
3. Мороз В. М., Макаров С. Ю., Серебреннікова О. А., Сергета І. В. Навчальний стрес та психофізіологічні критерії оцінки адаптаційних можливостей організму студентів закладів вищої медичної освіти. Вінниця : ТОВ “ТВОРИ”, 2020. 184 с.
4. Мороз В. М., Серебреннікова О. А., Сергета І. В., Стоян Н. В.



- Психофізіологічні та психогігієнічні основи ефективного використання здоров'язберігаючих технологій у закладах вищої освіти Вінниця: ТОВ "ТВОРИ", 2021. 208 с.
5. Воложин А. Н., Субботин Ю. К. Адаптация и компенсация – универсальный биологический механизм приспособления. М.: Медицина 1987. С. 171-176.
  6. Казначеев В. П. Современные аспекты адаптации. Новосибирск: Наука, 1980. 190 с.
  7. Навакатилян А.О., Ковалева А.И. Здоровье и работоспособность при умственном труде. К.: Здоров'я, 1989. 74 с.
  8. Сергета І. В., Браткова О. Ю., Серебреннікова О. А. Наукове обґрунтування гігієнічних принципів профілактики розвитку донозологічних зрушень у стані психічного здоров'я учнів сучасних закладів середньої освіти (огляд літератури і власних досліджень). *Журнал НАМН України*. 2022. Т. 28, № 1. С. 306-326. <http://doi.org/10/37621|JNAMSU-2022-1-2>
  9. Сергета І. В., Серебреннікова О. А., Стоян Н. В., Дреженкова І. Л., Макарова О. І. (2022). Психогігієнічні принципи використання здоров'язберігаючих технологій у сучасних закладах вищої освіти. *Довкілля та здоров'я*. 2 (103). 32-41.
  10. Сергета І. В., Бардов В. Г., Дреженкова І. Л., Панчук О. Ю. Гігієнічні нормативи рухової активності студентів закладів вищої медичної освіти та шляхи її оптимізації. Вінниця : ТОВ "ТВОРИ", 2020. 184 с.
  11. Сергета І. В., Панчук О. Ю., Яворовський О. П. Гігієнічна діагностика професійної придатності студентів закладів медичної освіти (на прикладі стоматологічних спеціальностей). Вінниця: ТОВ "ТВОРИ", 2020. 348 с.
  12. Тимощук О. В., Полька Н. С., Сергета І. В. Наукові основи комплексної гігієнічної оцінки якості життя та адаптаційних можливостей сучасної учнівської і студентської молоді. Вінниця: ТОВ "ТВОРИ", 2020. 272 с.
  13. Aherne D., Farrant, R., Hickey, L. et al. Mindfulness based stress reduction for medical students: optimising student satisfaction and engagement. *BMC Medical Education*. 2016. Т. 16. № 1. Р. 209. <https://doi.org/10.1186/s12909-016-0728-8>
  14. Баевский Р. М. Оценка и классификация уровней здоровья с точки зрения теории адаптации. *Вестник АМН СССР*. 1989. № 8. С. 73-78.
  15. Березин Ф. Б. Психическая и психофизиологическая адаптация человека. Л.: Наука, 1988. 269 с.
  16. Полька Н. С., Сергета І. В. Актуальні проблеми психогігієни дітей і підлітків:



шляхи та перспективи їх вирішення (огляд літератури і власних досліджень).  
*Журнал НАМН України*. 2012. № 18 (2). С. 223-236.

17. Arnetz B., Blomkvist V. Leadership, mental health, and organizational efficacy in health care organizations. Psychosocial predictors of healthy organizational development based on prospective data from four different organizations  
*Psychother. Psychosom.* 2007. № 6 (4). P. 242-248.  
<https://doi.org/10.1159/000101503>
18. Collie R. J., Holliman A. J., Martin A. J. Adaptability, engagement, and academic achievement at university. *Educ. Psychol.* 2017. № 37. P. 632-647.  
<https://doi.org/10.1080/01443410.2016.1231296>



**SCIENTIFIC EDITION**

**MONOGRAPH**  
**DAS INTELLEKTUELLE UND TECHNOLOGISCHE POTENZIAL DES XXI**  
**JAHRHUNDERTS**

**INNOVATIVE TECHNOLOGIE, INFORMATIK, KYBERNETIK UND**  
**AUTOMATISIERUNG, ARCHITEKTUR UND BAUWESEN, CHEMIE UND PHARMA**  
*INTELLECTUAL AND TECHNOLOGICAL POTENTIAL OF THE XXI CENTURY*  
*INNOVATIVE TECHNOLOGY, COMPUTER SCIENCE, CYBERNETICS AND AUTOMATION,*  
*ARCHITECTURE AND CONSTRUCTION, CHEMISTRY AND PHARMACEUTICALS*  
**MONOGRAPHIC SERIES «EUROPEAN SCIENCE»**  
*BOOK 23. PART I*

*Authors:*

Svidlo K.V. (1), Lazarieva T.A. (1), Karolop O.O. (1), Gorach O.O. (2), Lobunko O. (3),  
Iskra O. (3), Lobunko D. (3), Ashhepkova N.S. (4), Kryvokulska N.M. (5), Borysiak O.V. (5),  
Hunko S.I. (5), Gorbachuk M.T. (6), Romanyuk O.N. (7), Zakharchuk M.D. (7),  
Titova N.V. (7), Romanyuk S.O. (7), Stakhov O.Y. (7), Tuyrikova O.M. (8), Serheta I.V. (9)

The scientific achievements of the authors of the monograph were also reviewed and recommended for  
publication at the international scientific symposium

**«Das intellektuelle und technologische Potenzial des XXI Jahrhunderts '2023 /**  
**Intellectual and technological potential of the XXI century '2023»**  
(October 30, 2023)

Monograph published in the author's edition

The monograph is included in  
*International scientometric databases*

500 copies  
October, 2023

Published:  
*ScientificWorld -Net Akhat AV*  
*Lußstr 13,*  
*Karlsruhe, Germany*



e-mail: [editor@promonograph.org](mailto:editor@promonograph.org)  
<https://desymp.promonograph.org>

ISBN 978-3-989240-04-9



9 783989 240049

