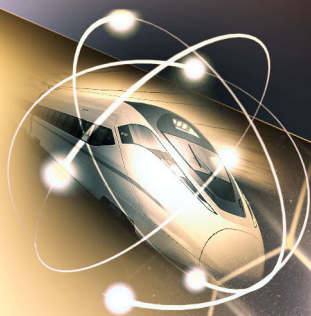




*RBE DER
EUROPÄISCHEN
WISSENSCHAFT*

*HERITAGE OF EUROPEAN
SCIENCE '2020*

*MONOGRAPH
PART I*





Fialko N., Zhuravskaya N., Kulikov P., Titlov A., Glamazdin P. et al.

ERBE DER EUROPÄISCHEN WISSENSCHAFT
UMWELTSCHUTZ
HERITAGE OF EUROPEAN SCIENCE
ENVIRONMENTAL PROTECTION

Monographic series «European Science»
Book 2. Part 1.

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

MONOGRAPHIE
MONOGRAPH

Authors:

Aleshko S. (8, 12), Altman E. (1), Balina E. (2), Bezklubenko I. (2), Bilenko N. (15), Bordiuh V. (13), Boshkov L. (1), Boshkova I. (1), Butsenko Y. (2), Chernykh L. (8), Doroshenko V. (15), Dotsenko S. (4), Fialko N. (4, 8, 12), Galinska T. (5), Georgiesh E. (15), Getun G. (2), Glamazdin D. (3), Glamazdin P. (3), Ilina T. (6), Kachmar N. (9), Klyuyeva V. (4), Klymchuk M. (6), Kulikov P. (4, 8, 14), Kutnyak O. (12), Kyslyuk D. (11), Maletskaya O. (12), Mazurak O. (9), Meranova N. (4, 8, 12), Pereginets I. (10), Polozenko N. (4, 8, 12), Prokopov V. (8, 12), Rokitko K. (12), Sahala T. (15), Savenko V. (4, 8, 11), Sherenkovsky J. (12), Titlov A. (1, 15), Tsyfra T. (13), Vasylyv O. (15), Vershigora D. (13), Volgusheva N. (1), Vysotska L. (11), Wildman I. (14), Zelisko O. (9), Zhuravska N. (14), Zhuravskiy O. (11), Zygun A. (5), Krukouska T. (7), Shovkivska V. (6).

Reviewers:

Ploskyy V.O. - Doctor of Technical Sciences.
Trokhymenko H.H. - Doctor of Technical Sciences.
Prokopov V.H. - Doctor of Technical Sciences.

Erbe der europäischen wissenschaft: Umweltschutz. Monografische Reihe «Europäische Wissenschaft». Buch 2. Teil 1. 2020.

Heritage of european science: Environmental protection. Monographic series «European Science». Book 2. Part 1. 2020.

ISBN 978-3-9821783-3-2
DOI: 10.21893/978-3-9821783-3-2.2020-02-01

Published by:

ScientificWorld-NetAkhatAV
Lußstr. 13
76227 Karlsruhe, Germany
in conjunction with Institute «SE&E»
e-mail: orgcom@sworld.education
site: www.sworld.education

Copyright © Authors, 2020
Copyright © Drawing up & Design. ScientificWorld-NetAkhatAV, 2020



ÜBER DIE AUTOREN / ABOUT THE AUTHORS

1. Aleshko S., Institute of Technical Thermophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine, Ukraine, PhD in technical sciences - Chapter 8 (co-authored), Chapter 12 (co-authored)
2. Altman E., ONAPT, Ukraine, PhD in technical sciences, docent - Chapter 1 (co-authored)
3. Balina E., Kyiv National University of Construction and Architecture, Ukraine, PhD in technical sciences, docent - Chapter 2 (co-authored)
4. Bezklubenko I., Kyiv National University of Construction and Architecture, Ukraine, PhD in technical sciences, docent - Chapter 2 (co-authored)
5. Bilenko N., Odessa National Academy of Food Technologies, Ukraine, - Chapter 15 (co-authored)
6. Bordiuh V., Kyiv National University of Construction and Architecture, Ukraine, graduate student, - Chapter 13 (co-authored)
7. Boshkov L., ONAPT, Ukraine, PhD in technical sciences, docent - Chapter 1 (co-authored)
8. Boshkova I., ONAPT, Ukraine, doctor of technical sciences, professor - Chapter 1 (co-authored)
9. Butsenko Y., NTU "KPI" them. Igor Sikorsky, Ukraine, PhD in Physical and Mathematical Sciences, docent - Chapter 2 (co-authored)
10. Chernykh L., Ukraine, - Chapter 8 (co-authored)
11. Doroshenko V., Odessa National Academy of Food Technologies, Ukraine, doctor of technical sciences, professor - Chapter 15 (co-authored)
12. Dotsenko S., Ukrainian State University of Railway Transport, Ukraine, doctor of technical sciences, professor - Chapter 4 (co-authored)
13. Fialko N., Institute of Technical Thermophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine, Ukraine, doctor of technical sciences, professor - Chapter 4 (co-authored), Chapter 8 (co-authored), Chapter 12 (co-authored)
14. Galinska T., Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic National University, Ukraine, PhD in technical sciences, docent - Chapter 5 (co-authored)
15. Georgiesh E., Odessa National Academy of Food Technologies, Ukraine, PhD in technical sciences, - Chapter 15 (co-authored)
16. Getun G., Kyiv National University of Construction and Architecture, Ukraine, PhD in technical sciences, docent - Chapter 2 (co-authored)
17. Glamazdin D., Germany, Ukraine, - Chapter 3 (co-authored)
18. Glamazdin P., Kyiv National University of Construction and Architecture, Ukraine, docent - Chapter 3 (co-authored)
19. Ilina T., Kyiv National University of Construction and Architecture, Ukraine, PhD in Economic Sciences, docent - Chapter 6 (co-authored)
20. Kachmar N., Lviv National Agrarian University, Ukraine, PhD in Agricultural Sciences, docent - Chapter 9 (co-authored)
21. Klyuyeva V., Kyiv National University of Construction and Architecture, Ukraine, - Chapter 4 (co-authored)



22. Klymchuk M., Kyiv National University of Construction and Architecture, Ukraine, PhD in Economic Sciences, docent - Chapter 6 (co-authored)
23. Kulikov P., Kyiv National University of Construction and Architecture, Ukraine, Doctor of Economics, professor - Chapter 4 (co-authored), Chapter 8 (co-authored), Chapter 14 (co-authored)
24. Kutnyak O., Institute of Technical Thermophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine, Ukraine, - Chapter 12 (co-authored)
25. Kyslyuk D., Lutsk National Technical University, Ukraine, PhD in technical sciences, professor - Chapter 11 (co-authored)
26. Maletskaya O., Institute of Technical Thermophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine, Ukraine, PhD in technical sciences, - Chapter 12 (co-authored)
27. Mazurak O., Lviv National Agrarian University, Ukraine, PhD in technical sciences, docent - Chapter 9 (co-authored)
28. Meranova N., Institute of Technical Thermophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine, Ukraine, PhD in technical sciences, senior researcher - Chapter 4 (co-authored), Chapter 8 (co-authored), Chapter 12 (co-authored)
29. Pereginets I., Kyiv National University of Construction and Architecture, Ukraine, PhD in technical sciences, docent - Chapter 10 (co-authored)
30. Polozenko N., Institute of Technical Thermophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine, Ukraine, PhD in technical sciences, - Chapter 4 (co-authored), Chapter 8 (co-authored), Chapter 12 (co-authored)
31. Prokopov V., Institute of Technical Thermophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine, Ukraine, doctor of technical sciences, professor - Chapter 8 (co-authored), Chapter 12 (co-authored)
32. Rokitko K., Institute of Technical Thermophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine, Ukraine, - Chapter 12 (co-authored)
33. Sahala T., Odessa National Academy of Food Technologies, Ukraine, PhD in technical sciences, docent - Chapter 15 (co-authored)
34. Savenko V., Kyiv National University of Construction and Architecture, Ukraine, PhD in technical sciences, professor - Chapter 4 (co-authored), Chapter 8 (co-authored), Chapter 11 (co-authored)
35. Sherenkovsky J., Institute of Technical Thermophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine, Ukraine, PhD in technical sciences, senior researcher - Chapter 12 (co-authored)
36. Titlov A., Odessa National Academy of Food Technologies, Ukraine, doctor of technical sciences, professor - Chapter 1 (co-authored), Chapter 15 (co-authored)
37. Tsyfra T., Kyiv National University of Construction and Architecture, Ukraine, PhD in Economic Sciences, docent - Chapter 13 (co-authored)
38. Vasylyv O., Odessa National Academy of Food Technologies, Ukraine, PhD in technical sciences, docent - Chapter 15 (co-authored)
39. Vershigora D., Kyiv National University of Construction and Architecture, Ukraine, graduate student, - Chapter 13 (co-authored)
40. Volgusheva N., ONAPT, Ukraine, PhD in technical sciences, docent - Chapter 1 (co-authored)



41. Vysotska L., Lutsk National Technical University, Ukraine, master, - Chapter 11 (co-authored)
42. Wildman I., Kyiv National University of Construction and Architecture, Ukraine, PhD in technical sciences, docent - Chapter 14 (co-authored)
43. Zelisko O., Lviv National Agrarian University, Ukraine, PhD in Agricultural Sciences, docent - Chapter 9 (co-authored)
44. Zhuravska N., Kyiv National University of Construction and Architecture, Ukraine, PhD in technical sciences, docent - Chapter 14 (co-authored)
45. Zhuravskiy O., Kyiv National University of Construction and Architecture, Ukraine, PhD in technical sciences, professor - Chapter 11 (co-authored)
46. Zygun A., Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic National University, Ukraine, PhD in technical sciences, docent - Chapter 5 (co-authored)
47. Krukouska T., Mogilev State University of Food, Ukraine, senior teacher - Chapter 7 (co-authored)
48. Shovkivska V., Kyiv National University of Construction and Architecture, Ukraine, graduate student - Chapter 6 (co-authored)



Inhalt / Content

CHAPTER 1. INVESTIGATIONS OF INFLUENCE EFFECTS OF MICROWAVE FIELD ON PLANT TISSUE	
ИЗУЧЕНИЕ ЭФФЕКТОВ ВОЗДЕЙСТВИЯ МИКРОВОЛНОВОГО ПОЛЯ НА РАСТИТЕЛЬНУЮ ТКАНЬ.....	9
CHAPTER 2. ASPECTS OF DESIGN OF ENCLOSURE STRUCTURES OF ENERGY EFFICIENT BUILDINGS IN UKRAINE	
АСПЕКТЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ЗДАНИЙ В УКРАИНЕ.....	26
CHAPTER 3. MODERNIZATION OF WATER-HEATING WATER-TUBE BOILERS OF HEATING BOILER SYSTEMS DISTRICT HEATING TO IMPROVE THEIR ENVIRONMENTAL CHARACTERISTICS	
МОДЕРНИЗАЦИЯ ВОДОГРЕЙНЫХ ВОДОТРУБНЫХ КОТЛОВ ОТОПИТЕЛЬНЫХ КОТЕЛЕН СИСТЕМАМИ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ИХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК.....	44
CHAPTER 4. ECO-ENERGY EFFICIENCY AND ENERGY MANAGEMENT BASED ON THE USE OF INFORMATION TECHNOLOGY	
ЭКОЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ И ЭНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ	60
CHAPTER 5. ENVIRONMENTAL AND ECONOMIC ASPECTS OF THE FORMATION OF SOLID WASTE MANAGEMENT	
ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ФОРМИРОВАНИЯ СФЕРЫ ОБРАЩЕНИЯ С ТВЕРДЫМИ БЫТОВЫМИ ОТХОДАМИ	90
CHAPTER 6. SCIENTIFIC-APPLIED PRINCIPLES OF RISK MANAGEMENT IN ENTERPRISES: POSTULATES, TRENDS, MODIFICATION	
НАУЧНО-ПРИКЛАДНЫЕ ОСНОВЫ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ: ПОСТУЛАТЫ, ТРЕНДЫ, МОДИФИКАЦИЯ	103
CHAPTER 7. NEW APPROACHES TO EVALUATING OF TOXIC AND CONDITIONALLY TOXIC CHEMICAL ELEMENTS EXPOSITION TO POPULATION IN MODERN CONDITIONS OF TECHNOGENICALLY CHANGED BIOGEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF THE HABITAT	
НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ЭКСПОЗИЦИИ ТОКСИЧНЫХ И УСЛОВНО ТОКСИЧНЫХ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ НА НАСЕЛЕНИЕ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕННО ИЗМЕНЕННЫХ БИОГЕОХИМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДЫ ОБИТАНИЯ	118



CHAPTER 8. ENERGY-SAVING TYPES OF HEATING FOR CREATING REGULATED AND COMFORTABLE HEAT REGIME OF RESIDENTIAL AND PUBLIC BUILDINGS

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ВИДЫ ОТОПЛЕНИЯ ДЛЯ СОЗДАНИЯ НОРМИРОВАННОГО И КОМФОРТНОГО ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА ЖИЛЫХ И ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ. 131

CHAPTER 9. TREATMENT OF MINING WATER FROM HEAVY METALS: CHEMICAL AND BIOLOGICAL TECHNOLOGIES

ОЧИЩЕНИЕ ШАХТНЫХ ВОД ОТ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ: ХИМИЧЕСКИЕ И БИОЛОГИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ 151

CHAPTER 10. THEORETICAL AND METHODOLOGICAL BASIS OF DESIGN OF ZERO ENERGY BUILDINGS (ZEB)

ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЗДАНИЙ НУЛЕВОЙ ЭНЕРГИИ (ZEB) 163

CHAPTER 11. ECOLOGICAL AND ECONOMIC FEASIBILITY OF PROTECTION AGAINST CORROSION OF METAL STRUCTURES, MACHINES AND PRODUCTS BY ENVIRONMENTALLY FRIENDLY PLANT-BASED MEDIA (CONTRRUST TYPE)

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ЗАЩИТЫ ОТ КОРРОЗИИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ, МАШИН И ИЗДЕЛИЙ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫМИ СРЕДСТВАМИ НА РАСТИТЕЛЬНОЙ ОСНОВЕ (ТИПА CONTRRUST)..... 170

CHAPTER 12. ENERGY-ECOLOGICALLY EFFICIENT MICROJET BURNER DEVICES OF STABILIZER TYPE

ЭНЕРГОЭКОЛОГОЭФФЕКТИВНЫЕ МИКРОФАКЕЛЬНЫЕ ГОРЕЛОЧНЫЕ УСТРОЙСТВА СТАБИЛИЗАТОРНОГО ТИПА..... 189

CHAPTER 13. ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT IN THE IMPLEMENTATION OF THE PROJECT OF RECONSTRUCTION OF THE KYIV ZOO ZOLOGICAL PARK

ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТА РЕКОНСТРУКЦИИ КИЕВСКОГО ЗООЛОГИЧЕСКОГО ПАРКА..... 205

CHAPTER 14. NATURE PRINCIPLES WHEN USING REAGENT-FREE WATER TREATMENT

ПРИНЦИПЫ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ БЕЗРЕАГЕНТНОЙ ПОДГОТОВКИ ВОДЫ..... 220



CHAPTER 15. ESTIMATION OF PROSPECTS FOR PRE-COOLING OF NATURAL GAS IN MAIN GAS PIPELINES BEFORE COMPRESSING WITH HEAT-USING ABSORPTION COOLING MACHINES

ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА В
МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДАХ ПЕРЕД СЖАТИЕМ ПРИ ПОМОЩИ
ТЕПЛОИСПОЛЗУЮЩИХ АБСОРБЦИОННЫХ ХОЛОДИЛЬНЫХ МАШИН 237

References 254



KAPITEL 1 / CHAPTER 1. INVESTIGATIONS OF INFLUENCE EFFECTS OF MICROWAVE FIELD ON PLANT TISSUE

**ИЗУЧЕНИЕ ЭФФЕКТОВ ВОЗДЕЙСТВИЯ МИКРОВОЛНОВОГО ПОЛЯ НА
РАСТИТЕЛЬНУЮ ТКАНЬ**

DOI: 10.30888/978-3-9821783-0-1.2020-01-01-064

Вступление.

Термообработка материалов растительного происхождения является определяющей для большинства технологических процессов, в частности, сушки, стерилизации и биостимуляции. Энергетический кризис и увеличение спроса на продукцию улучшенного качества вызвали необходимость совершенствования традиционных технологий и развития новых. В этом направлении методы с использованием энергии микроволнового электромагнитного поля (МВ ЭМП) давно зарекомендовали себя как высокоэффективные [1]. Применение микроволнового нагрева признано целесообразным для модернизации ряда технологических схем производств [2–5]. Однако неполнота знаний об эффектах воздействия микроволнового поля на растительные материалы не позволяет переходить на эффективные микроволновые технологии.

Исследование процессов взаимодействия микроволнового электромагнитного поля с материалами растительного происхождения, определение условий обработки, являются актуальными задачами для развития эффективных по производительности и энергетически рациональных технологий.

1. Современный уровень исследований влияния МВ поля на растительную ткань

Как было установлено [3, 4], эффективность применения каждого из рассматриваемых методов связана с изменением структуры растительного материала в ходе МВ обработки. Если в методе биостимуляции семян одной из задач являлось исключение режимов, нарушающих целостность клеточных стенок [6], то при подготовке субстрата на основе соломы разрушение растительной структуры является желательным. Исследования [7] показали, что поверхность исходного соломистого материала представляет собой гладкую и относительно однородную поверхность по высоте, в то время как поверхность обработанного образца отличается существенной шероховатостью. Полученные



результаты свидетельствуют о расширении капилляров вследствие микровзрывов. В настоящее время созданы основы для практического применения в сельском хозяйстве микроволновой предпосевной технологии обработки семян [2, 3].

Оценка влияния времени микроволновой экспозиции на стимуляцию всхожести [8] демонстрирует наличие оптимума, при 10 с обработки всхожесть достигла максимума. Однако не отмечаются удельные затраты энергии (на килограмм семян) с учетом коэффициента полезного действия камеры. Было однозначно определено, что влияние обработки в МВ поле проявляется существенней на семенах с изначально невысокой всхожестью, чем на семенах, лабораторная всхожесть которых составляла выше 95 %. Воздействие микроволн значительно увеличило энергии прорастания и прорастания у 8-летних семян моркови [9]. Максимальное прорастание семян моркови было установлено на частоте 9,3 ГГц при воздействии до 5 мин. Действие микроволнового электромагнитного поля на семена способно привести к существенному биостимулирующему эффекту, который проявляется на всех этапах вегетации растений [10, 11].

Проявление биостимуляции заключается в увеличении энергии всхожести, энергии прорастания, а при росте растений из обработанных семян – в усилении корневой системы, сокращении фаз вегетации. Этот эффект наблюдали как при обработке семян, так и при обработке клубней картофеля [12]. При экспозиции до 20 мин. на частотах 38 ГГц, 46 ГГц и 54 ГГц исследователи не наблюдали влияния микроволнового излучения на вес урожая картофеля клубней Felka Bona. Излучение на частоте 2,45 ГГц длительностью 10 с и мощностью микроволнового генератора 100 W, вызвали наибольший рост биомассы в семенных картофельных зародышах и увеличение веса клубней Felka Bona.

В экспериментах [13] наблюдалось существенное увеличение биомассы (до 66 %) с увеличением времени экспозиции от 12 минут до 20 минут по сравнению с контролем. В некоторых случаях биостимуляция проходит одновременно с дезинфекцией [14, 15]. Обработка семян МВ ЭМП является экологически чистым и эффективным методом [16]. Однако нет однозначных данных по режимам обработки различных семян в микроволновом поле, что не дает возможность с достаточной точностью прогнозировать результат. Это снижает эффективность применения метода.



Исследование сушки при микроволновом нагреве показывает возможность существенного сокращения затрат энергии [17]. Микроволновой нагрев в режимах сушки демонстрирует существенную интенсификацию процесса [18]. При увеличении выходной мощности магнетрона в 4 раза длительность сушки снижается примерно в 5 раз. Однако в работе не приводится анализ влияния вида материала и объема загрузки на необходимые характеристики, такие как длительность обработки и выходная мощность магнетрона. Продолжаются исследования микроволновой сушки фруктов и овощей [18, 19], однако сушка сырья с высоким влагосодержанием не представляется целесообразной. Это приводит к потере качества и большим затратам энергии, поскольку основным веществом, поглощающим электромагнитную энергию, является вода. Микроволновая сушка зерновых, уровень влагосодержания которых составляет 20...22 %, является перспективной. На примере исследования кинетики сушки крупы гречихи в микроволновом электромагнитном поле показано, что кривые сушки содержат периоды, наблюдаемые при других способах подвода теплоты [20]. Особое внимание уделяется изучению температурного поля в материале для установления рациональных режимов [21, 22]. Большое значение имеет анализ неоднородности нагрева, что вызвано формой материала и его составом, а также неоднородным распределением электромагнитного поля в микроволновой камере [22]. Анализ литературных данных [9, 12, 17] позволяет сделать следующий вывод. Существенными сдерживающими факторами применения методов микроволнового нагрева в различных технологиях является недостаточная полнота теоретических и экспериментальных исследований. Недостаток данных не позволяет прогнозировать эффекты, возникающие в материале под действием микроволнового поля.

2. Материалы и методы исследования

2.1. Характеристики материалов

Микроволновому воздействию подвергалось зерно, предназначенное для сушки, семена как посевной материал и солома. Выбор соломы объясняется широким применением в качестве субстрата для выращивания дереворазрушающих грибов. Исследования явлений биостимуляции проводилось на семенах пшеницы, сорт Одесская-267, сои рядовой, сорт Хаджибей, и кукурузы, сорт Одесская-10. При исследовании сушки в микроволновом поле использовалось зерно гречихи и пшеницы. Начальное влагосодержание зерна изменялось от 20 % до 22 %, начальная температура –



от 17 до 26 °С, масса – от 0,05 до 1,2 кг, толщина слоя – от 0,008 до 0,07 м, площадь поверхности образца, открытой для удаления влаги – от $8 \cdot 10^{-3}$ до $94 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$. Мощность магнетрона варьировалась от 80 до 800 Вт.

2.2. Схема экспериментальной установки и методика исследования

Схема экспериментальной установки для исследования эффектов воздействия микроволнового поля на растительную ткань, приведена на рис. 1.

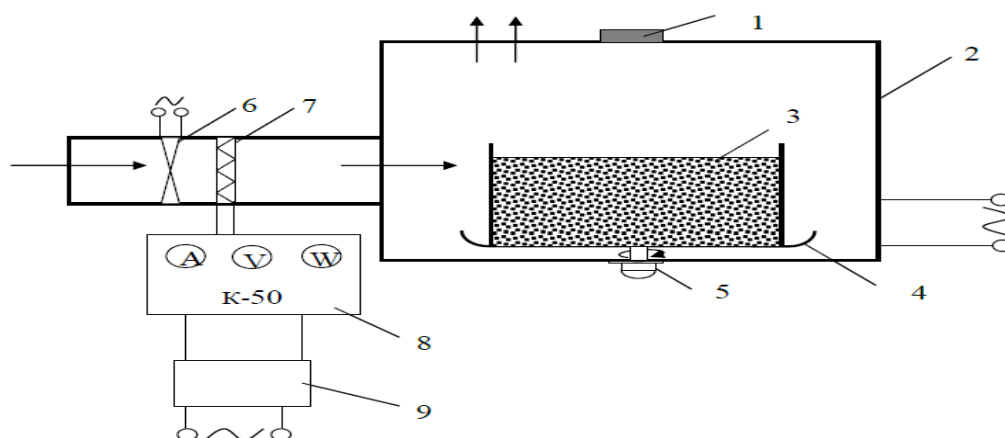


Рис. 1. Схема микроволновой экспериментальной установки: 1 – волновод; 2 – рабочая камера; 3 – экспериментальная ячейка; 4 – подставка; 5 – механизм привода; 6 – вентилятор; 7 – нагреватель; 8 – измерительный комплект; 9 – регулятор напряжения

Микроволновая энергия поступала в рабочую камеру прямоугольного сечения через волновод от магнетрона с частотой генерации 2,45 ГГц. Конструкция микроволновой камеры позволяла одновременно с подводом МВ энергии осуществлять продувку воздуха над слоем. При одновременном микроволновом и конвективном подводе теплоты воздух по воздуховоду нагнетался в камеру 2 вентилятором 6. Для контролируемого нагрева воздуха установлен нагреватель 7 с измерительным комплектом 8 и регулятором напряжения 9.

Методика исследования сушки зерновых заключалась в следующем. В экспериментальную ячейку помещался исследуемый материал, включался магнетрон. Через определенные интервалы времени весовым методом определялось количество испарившейся влаги и рассчитывалось влагосодержание (при исследовании процесса сушки).

Методика исследования влияния МВ поля на солому состояла в



следующем. Пшеничная солома предварительно заливалась горячей водой и отжималась до влагосодержания 73...75 %. Формировались пакеты массой 0,4 кг, которые затем помещались в МВ камеру. Включался магнетрон на заданное время. После окончания обработки пакет извлекался, измерялась температура соломы.

При изучении биостимуляции семена расфасовывались по бумажным пакетам по 0,1 кг. Выходная мощность магнетрона составляла 800 Вт. В микроволновую камеру также помещался стакан с водой (200 мл) для снижения уровня мощности, падающей на семена.

3. Экспериментальное исследование влияния микроволнового поля на растительную ткань

Область исследований данной работы охватывает следующие применения микроволнового нагрева материалов растительного происхождения: предпосевная обработка семян (биостимуляция), стерилизация растительного субстрата для производства дереворазрушающих грибов, сушка зерновых. Несмотря на свое разнообразие, растительные материалы имеют общую специфику, которая состоит в строении растительных клеток, анизотропии и наличия веществ со свойствами полярных диэлектриков. Основное, что отличает обрабатываемые растительные материалы в указанных методиках, – существенное различие во влагосодержании. При предпосевной обработке семян влагосодержание соответствовало равновесному, при подготовке субстрата – уровню влажности 73 %, при сушке влагосодержание находилось в пределах 20–22 %. Преследовались различные цели микроволновой обработки, что определяет ряд специфических задач для каждого из разрабатываемых методов.

3.1. Изучение эффектов влияния микроволнового электромагнитного поля на свойства семян

Пример результатов действия микроволнового поля на семена, приведен в табл. 1. Данные получены на основе описанной выше методики. Как показывают данные, в зависимости от экспозиции меняется значение энергии прорастания и лабораторной всхожести.

Высказано следующее предположение о механизме возникновения эффекта биостимуляции. При достаточно мягких режимах МВ-воздействия целостность растительной ткани не нарушается.



Таблица 1.

**Влияние МВ ЭМП на прорастание семян: 1 – пшеница Одесская-267,
2 – соя рядовая Хаджибей, 3 – кукуруза Одесская-10**

№	Режим	Энергия прорастания, %			Лабораторная всхожесть, %		
Культура		1	2	3	1	2	3
1	Контроль	71	42	53	74	48	72
2	МВ, 20 с	71	55	53	74	56	72
3	МВ, 30 с	73	55	53	76	57	74
4	МВ, 60 с	86	64	62	86	66	77
5	МВ, 90 с	86	68	68	88	68	81

В то же время транспортные свойства капиллярной системы (межклеточные структуры, поры плазматических мембран) улучшаются вследствие развития больших градиентов давления в замкнутых микрообъемах. Под воздействием микроволнового поля в клетке происходит активное выделение тепла. Повышается температура, вследствие чего жидкость клеточной ткани стремится расшириться. Объем клетки способен несколько увеличиться за счет воздухоносного межклетника. Однако увеличение времени МВ воздействия приводит к состоянию, когда все резервное пространство занято увеличившимся объемом, а поры в плазматической мембране не рассчитаны на массовый отток жидкости. Поэтому объем клетки можно считать фиксированным и процесс повышения температуры в клетке идет по изохоре. Как показывают оценочные расчеты, повышение температуры на 10 °С вызывает повышение давления в условиях постоянного объема до 60 бар – безусловно, для живой клетки такое давление недопустимо. На определяющую роль связи роста внутреннего давления и жесткости клеточных стенок указывает тот факт, что, к примеру, распушение целлюлозы носит взрывной характер. Большое гидравлическое сопротивление приводят к тому, что образующийся поток массы не может вырваться наружу, давление стремительно растет и этот процесс заканчивается разрушением ткани, такие режимы недопустимы.

В общем виде расчет граничной температуры предлагается проводить по следующему алгоритму: для каждой расчетной единицы определить



максимально допустимый объем V_k – т. е. тот объем, который может быть достигнут при термическом расширении протоплазмы; изменение температуры в процессе увеличения объема от V_0 до V_k определяется из соотношения: $\Delta t = \frac{V_k - V_0}{\beta V_0}$, где β – коэффициент температурного расширения воды.

3. Количество теплоты, поглощенной в этом процессе:

$$Q = Mc_p \Delta t + P \Delta V, \text{ Дж.} \quad (1)$$

Для дальнейших расчетов с целью повышения точности рекомендуется зависимость, которая позволяет определить количество теплоты, затраченное на нагрев всего объема зерна массой M до расчетной температуры:

$$Q = M \cdot c \cdot \Delta t, \text{ Дж.} \quad (2)$$

4. Время, в течение которого это тепло было получено:

$$\tau = Q / (q \cdot V), \text{ с,} \quad (3)$$

где V – объем материала, значение q определяется:

$$q = 0.556 \cdot 10^{-10} \varepsilon' \cdot \tan \delta \cdot E^2, \text{ Вт/м}^3. \quad (4)$$

В течение этого времени рост давления не будет критичным и семена проходят стадию биостимуляции. Далее клеточные стенки не в состоянии увеличивать свой объем. Внутри объекта при дальнейшем подводе энергии МВ поля начинает резко расти давление. В целом же теплота идет на увеличение температуры тела и изменение давления согласно первому закону термодинамики:

$$Q = \Delta H - V \Delta P, \text{ Дж.} \quad (5)$$

Связь температуры и давления можно задать только приближенно, т. к. уравнения состояния таких сложных смесей как протоплазма не существует. В первом приближении расчет рекомендуется проводить, приняв свойства протоплазмы равными свойствам воды. Пользуясь этими зависимостями, были проведены расчеты, целью которых было определение температуры и давления в конце процесса обработки в зависимости от влагосодержания и времени воздействия. При расчете давления предполагалось, что оболочки тела жестко фиксированы клеточными стенками, наиболее характерный для спор и склеротий. Расчет носит оценочный характер, однако позволяет предсказать реакцию биологического объекта на МВ-поле. Принималось, что объем растительной клетки зародыша зерна составлял $V_0 = 3,35 \cdot 10^{-14} \text{ м}^3$. Максимально допустимый объем клетки $V_k = 3,366 \cdot 10^{-14} \text{ м}^3$. Расчеты проводились для зерна



массой 0,1 кг. Теплоемкость зерна для пшеницы зависит от влажности W . Так, при $W = 33 \%$: $c = 2398$ Дж/(кг·К), при $W = 14 \%$: $c = 1852$ Дж/(кг·К).

На рис. 2 представлены результаты расчета граничных кривых по времени обработки семян пшеницы в микроволновой камере при выходной мощности магнетрона $P_{\text{вых}} = 1$ кВт в зависимости от влажности семян и при различных значениях начальной температуры. Начальная температура оказывает существенное влияние на значение допустимого времени обработки, что связано с зависимостью от температуры диэлектрических характеристик и коэффициента объемного расширения. При расчете предполагалось, что начальная температура зерна и температура окружающей среды одинаковы.

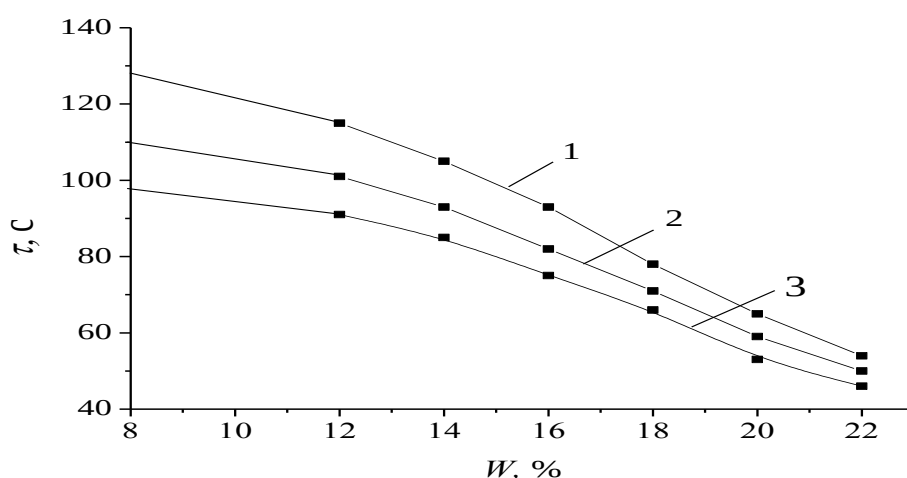


Рис. 2. Граничные кривые по времени обработки семян пшеницы в микроволновой камере. Выходная мощность магнетрона – 1 кВт: 1 – начальная температура 10 °С, 2 – начальная температура 15 °С, 3 – начальная температура 20 °С

Анализ результатов исследования влияния микроволнового поля на семена показал следующее. При темпе нагрева семян в микроволновой камере $\Delta t/\tau = 0,14\text{--}0,17$ К/с с влагосодержанием $u_0 = 8\text{--}12 \%$ при длительности $\tau = 50\text{--}130$ с (в зависимости от сорта семян) возникает эффект биостимуляции, проявляющийся в увеличении энергии всхожести и прорастания. При снижении удельной мощности эффект биостимуляции достигается путем увеличения продолжительности обработки: при обработке семян пшеницы для удельной мощности $q_v = 3,7 \cdot 10^4$ Вт/м³ экспозиция составляет $\tau = 180$ с.



3.2. Термообработка в микроволновом поле растительного материала как основы субстрата для дереворазрушающих грибов

Основной целью термообработки является уничтожение или угнетение микрофлоры, которая является конкурентной к культивируемому грибу.

Эффективность воздействия МВ обработки на режимах, при которых *Trichoderma* уничтожалась либо угнеталась, была проверена по следующей методике. Измельченную солому, предварительно замоченную на 48 часов, отжимали до влажности $W=73\%$. Обработка проводилась при мощности $P=800$ Вт. На аналитических весах формируются образцы по 0,4 кг, после охлаждения производилась инокуляция мицелием, после чего они помещались в полиэтиленовые пакеты. Основные результаты наблюдений за обрастанием образцов и выхода грибов приведены ниже. Результаты исследования свойств субстрата для выращивания грибов при различных режимах обработки и при различной начальной влажности представлены в табл. 2.

Таблица 2.

Характер обрастания субстрата мицелием при различной экспозиции в микроволновом поле. Начальная влажность $W=73\%$

Режим	Экспозиция, с	Мощность, (кВт)	Конечная температура, °С	Результат
1	35	0,85	74	Наличие плесени
2	40	0,85	84	Обрастание мицелием удовлетворительное
3	45	0,85	87,5	Обрастание мицелием хорошее
4	50	0,85	93	Обрастание мицелием хорошее
5	120	0,3	72	Наличие плесени
6	140	0,3	83	Обрастание мицелием отличное
7	160	0,3	86	Обрастание мицелием хорошее
8	180	0,3	91	Обрастание мицелием хорошее
Контроль				Наличие плесени и триходермы

Оптимальный режим обработки соответствует экспозиции 140 с. Для этого режима КПД камеры составлял 80 %. Затраты энергии Q с учетом КПД



магнетрона $\eta_m = 75\%$:

$$Q = (m \cdot c_p \cdot \Delta t) / \tau / \eta_m = 0,4 \cdot 3600 \cdot 66 / 140 / 0,75 = 905 \text{ Вт.}$$

Определено, что при термообработке влажного растительного материала в микроволновом поле с темпом нагрева $\Delta t / \tau > 0,33 \text{ К/с}$ улучшаются его питательные качества, материал стерилизуется, продолжительность обработки сокращается в 45 раз по сравнению с традиционной стерилизацией.

Урожай грибов повысился на 40 % по сравнению с урожаем, получаемым при использовании традиционных технологий, при следующих режимных параметрах: удельная мощность $q_v = 9,6 \cdot 10^5 \text{ Вт/м}^3$, длительность обработки $\tau = 140 \text{ с}$. В рассмотренных режимах развитие конкурирующих грибов, в частности, триходермы (*Trichoderma*), подавляется.

3.3. Сушка зерновых материалов с применением микроволнового электромагнитного поля

На рис. 3 представлены характерные экспериментальные зависимости влагосодержания и температуры от длительности сушки в микроволновом поле при различной массе загрузки.

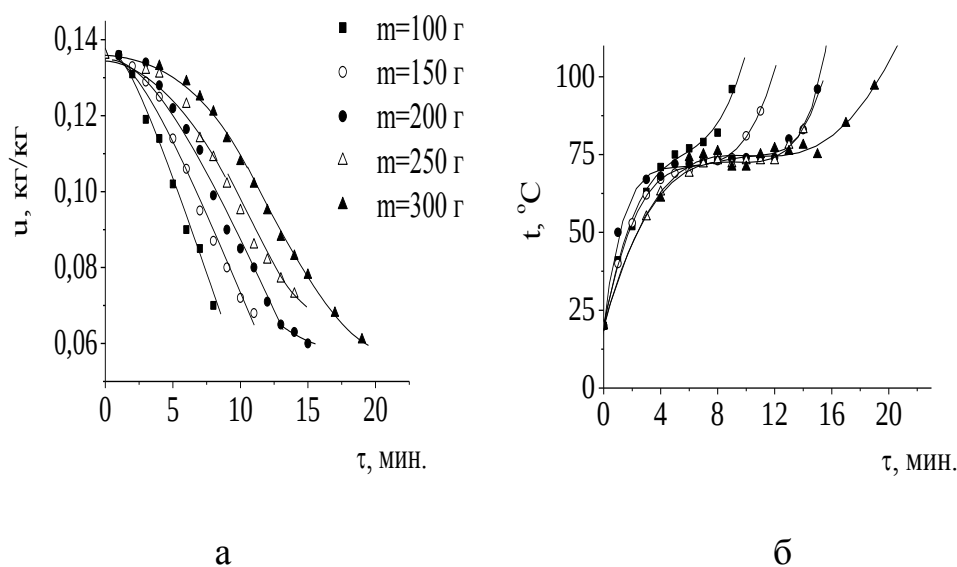


Рис. 3. Кинетика сушки зерна пшеницы в микроволновом поле при различной массе загрузки: а – изменение влагосодержания; б – изменение температуры

Процесс сушки можно разделить на периоды, характерные для коллоидных капиллярно-пористых тел при других способах подвода теплоты: прогрева (нулевой), постоянной (первый) и падающей (второй) скорости сушки,



Характер изменения температуры в первом периоде различался в зависимости от массы загрузки (рис. 3) и подводимой мощности. При значениях удельной мощности до $q = 450$ Вт/кг, температура практически не менялась. При увеличении удельной мощности температура возрастала, и при значениях $q > 600$ Вт/кг ее изменение было существенным. Период падающей скорости сушки определялся по изменению хода кривой влагосодержания: кривая становилась пологой. Температура в этом периоде всегда возрастает. Описанная картина была типична для всех материалов.

Как показали результаты исследований, скорость МВ сушки без перегрева зерна составляет $(0,8 - 6,2) \cdot 10^{-4} \text{ с}^{-1}$, что существенно превышает значения, полученные при других способах подвода теплоты. Так, для зерна скорость кондуктивной сушки составляла $0,3 \cdot 10^{-5} \text{ с}^{-1}$, кондуктивно-конвективной – до $0,2 \cdot 10^{-4} \text{ с}^{-1}$. Возможность значительно интенсифицировать процесс свидетельствует о перспективности применения микроволнового поля для сушки зерновых. Эксперименты показали, что в оптимальном режиме скорость микроволновой сушки с одновременной продувкой слоя зерна воздухом составляла $12,7 \cdot 10^{-4} \text{ с}^{-1}$, при этом удельные затраты энергии на килограмм испаренной влаги составили 5,65 МДж/кг.

В процессе МВ нагрева влажного зерна избыточное давление внутри слоя начинает повышаться. На поверхности слоя избыточное давление равно нулю, и максимально – в центре. В слое возникает градиент общего давления, который является движущей силой фильтрационного переноса. С целью обнаружения эффекта повышения давления в слое зерна была составлена следующая методика. В микроволновую камеру помещалась емкость со слоем гречихи высотой 11 см, в центре которого измерялось избыточное давление с помощью U-образного керосинового манометра. Выбор керосина обусловлен тем, что он не поглощает микроволновую энергию. Лавинообразное повышение давления возникало, когда температура превышала 70 °С. При этом толщина слоя составляла 0,1 м. Максимально возможное избыточное давление внутри слоя равнялось 640 Па. При достижении этой величины наблюдался самопроизвольный мгновенный сброс давления.

Специфика микроволнового нагрева заключается в объемном характере поглощения материалом микроволновой энергии. Плотность потока микроволновой энергии максимальна в поверхностных слоях, при продвижении вглубь материала поток ослабляется по экспоненциальному закону. Поэтому



для оценки неравномерности температуры и влагосодержания особый интерес представляла кинетика послойной сушки. С этой целью была изготовлена экспериментальная ячейка, которая состояла из трех слоев, разделенных радиопрозрачными сетками. Масса каждого слоя составляла 0,1 кг, толщина – 0,009 м, диаметр – 0,135 м, площадь поверхности, открытой для удаления пара – $14,3 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$.

В ходе эксперимента определялось изменение влагосодержания и температуры гречихи по высоте слоя в процессе сушки. Открытой для поглощения МВ энергии и отвода пара была только верхняя поверхность образца, боковая и нижняя поверхности были тепло- и влагоизолированы. Кривые кинетики послойной сушки представлены на рис. 4, из которых видно, что интенсивнее всего сушка протекала в среднем слое.

В этом эксперименте масса слоя $m = 0,1 \text{ кг}$, толщина $l = 0,009 \text{ м}$, $P_{\text{вых}} = 160 \text{ Вт}$. Влагосъем в верхнем слое был несколько слабее (рис. 4, а). Это связано с тем, что температура верхнего слоя несколько ниже второго (рис. 4, б). Была обнаружена еще одна особенность: влагосодержание третьего слоя с течением времени повышалось, достигая 0,215 кг/кг (начальное влагосодержание – 0,2 кг/кг). Следовательно, влага из верхних слоев материала проникала вниз, по всей видимости, за счет механизма термодиффузии и сил гравитации.

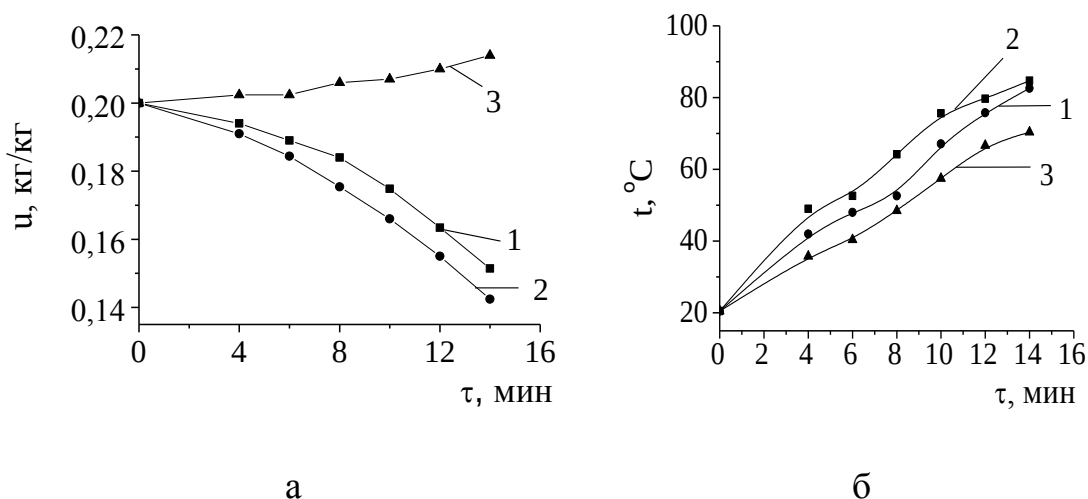


Рис. 4. Кинетика послойной сушки гречихи в микроволновом поле:

а – изменение влагосодержания; б – изменение температуры; 1 – верхний слой; 2 – средний слой; 3 – нижний слой

Обращает на себя внимание следующая особенность – несмотря на растущее влагосодержание в нижнем слое, т. е. увеличение доли полярного



диэлектрика («приемника» микроволнового излучения) в этом объеме материала, температура его остается ниже температуры второго и третьего слоев. Эксперименты, проведенные на ячейке, состоящей из четырех слоев, показали, что нижний (четвертый) слой также имеет наименьшую температуру и наибольшее влагосодержание, которое, как и в предыдущем опыте с тремя слоями, увеличивалось во времени.

Таким образом, влагосодержание нижнего слоя увеличивается независимо от толщины образца. Причиной снижения температуры образца на границе слоя с основанием камеры является передача теплоты теплопроводностью от экспериментальной ячейки. Подобная неравномерность не наблюдалась при использовании сетчатой ячейки, которая свободно пропускала пар во всех направлениях. В этом случае температура слоев материала различались не более чем на 4 °С, а влагосодержание – на 0,007 г/кг. Сопоставление данных по кинетике сушки, полученных на ячейке со сплошным и радиопрозрачным сетчатым днищем, подтвердило важность рациональной организации отвода пара. Так, если в первом случае среднее влагосодержание образца уменьшилось с 0,2 кг/кг до 0,17 кг/кг за 14 мин, то во втором – за 7,5 мин. Неравномерность распределения температуры и влагосодержания возникает в условиях, когда выход пара через нижнюю и боковую поверхности затруднен.

Энергетическая эффективность теплового эффекта взаимодействия диэлектрических материалов с микроволновым полем

Одной из ключевых проблем являлось определение условий максимально возможного преобразования энергии микроволнового электромагнитного поля во внутреннюю энергию исследуемого материала. Для анализа специфики поглощения микроволновой энергии материалом большое значение имели исследования зависимости величины поглощенной микроволновой энергии от загрузки камеры. Выражение общего КПД представляется в следующем виде: $\eta = \eta_m \cdot \eta_k$, где η_m – КПД магнетрона, η_k – КПД микроволновой камеры. Значение η_m показывает, с каким КПД магнетрон преобразует энергию электрического поля промышленной частоты (50 Гц) в энергию с частотой микроволнового поля. Эта величина является паспортной. Значение η_k зависит от условий согласования магнетрона с волноводом и загружаемым материалом, вследствие сложности ее предсказания возникает необходимость в проведении масштабных экспериментов. В первую очередь для исследований была выбрана



вода, как вещество, электрофизические свойства которого хорошо изучены. Способность воды поглощать микроволновую энергию приближается к максимальной вследствие высокой полярности молекул.

КПД камеры рассчитывается как отношение теплоты, преобразованной материалом Q_{Σ} , к выходной мощности магнетрона $Q_{\text{м}}$ включает в себя значение полезного теплового потока $Q_{\text{пол}}$, потери в окружающую среду в результате естественной конвекции $Q_{\text{конв}}$ и лучистого теплообмена между образцом и стенками камеры ($Q_{\Sigma} = Q_{\text{пол}} + Q_{\text{конв}} + Q_{\text{луч}}$):

$$\eta_k = \frac{Q_{\Sigma}}{P_{\text{вых}}} \quad (6)$$

Для изучения зависимости КПД от загрузки камеры использовалась вода при начальной температуре 20 °С, масса изменялась от 0,05 до 1,1 кг. Выходная мощность микроволнового источника составляла 800 Вт. Видно (рис. 5), что с ростом массы воды общий КПД непрерывно возрастает, достигая своего максимального значения $\eta_k = 90\%$ при $m = 1,1$ кг, что позволяет говорить о достижении оптимальной загрузки камеры.

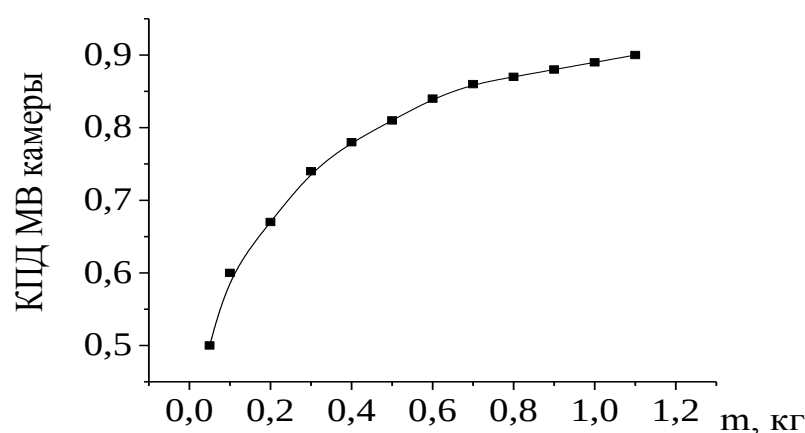


Рис. 5. Зависимость КПД микроволновой камеры от массы воды при $P_{\text{вых}} = 800 \text{ Вт}$

Материалы растительного происхождения имеют свою специфику, заключающуюся в структурных особенностях и химическом составе, однако для оценки мощности, выделяющейся в виде теплоты, основное значение имеет влагосодержание этих материалов. Способность растительных материалов поглощать МВ энергию существенно ниже воды, поэтому КПД камеры при обработке зерновых материалов ниже. Для ряда зерновых материалов (овес,



пшеница, ячмень, гречиха) получена эмпирическая зависимость, которая учитывает полноту загрузки камеры за счет введения симплекса V_M/V_K , где V_M – объем, занимаемый материалом, V_K – объем камеры:

$$\eta_K = 0,67 \left(1 - \frac{0,45}{1 + e^{\left(\frac{V_M/V_K - 0,003}{0,0017} \right)}} \right) \left(\frac{u}{u_0} \right)^{1,3}, \quad (7)$$

где u – текущее влагосодержание, $u_0 = 0,2$ (начальное влагосодержание). При изменении относительного объема V_M/V_K от 0,0015 до 0,03 погрешность определения КПД камеры составляет ± 17 %. Данные по КПД предлагается использовать для оценки теплоты, преобразованной в материале при взаимодействии с микроволновым полем, в соответствии со следующей зависимостью:

$$q = \frac{P_{\text{вых}} \cdot \eta_K}{V} \text{ Вт/м}^3, \quad (8)$$

где V – объем, занимаемый материалом, $P_{\text{вых}}$ – выходная мощность магнетрона.

Зависимость (8) позволяет определить энергетическую эффективность преобразования микроволновой энергии во внутреннюю энергию материала.

Благодаря полученным данным по эффектам нагрева в МВ поле, появляется возможность прогнозирования изменений в растительной ткани.

Подтверждено значительное влияние влагосодержания на темп нагрева.

Также появилась определенность в вопросе расчета граничной длительности нагрева семян при биостимуляции. Методика расчета граничного времени составлена на основе гипотезы возникновения биостимулирующего эффекта.

Обнаруженные особенности нагрева и сушки влажного зерна целесообразно использовать при конструировании микроволновых сушилок. Получено, что при превышении температуры слоя 70°C возникает лавинообразное повышение давления.

Также установлено, что при микроволновой сушке могут возникать условия, при которых влагосодержание нижнего слоя зерна будет увеличиваться. Для равномерной и интенсивной сушке слой зерна должен быть обеспечен свободный выход испаренной влаги.

Преимуществами данных исследований является определение условий



эффективной термообработки в микроволновом поле, которые получены благодаря комплексному изучению эффектов взаимодействия МВ поля с растительными материалами.

Особое значение имеет предложенный подход к оценке теплоты, полученной при преобразовании МВ энергии во внутреннюю.

Кроме того, получены экспериментальные данные по эффекту лавинообразного нарастания давления в слое влажного зернового материала и по послойной сушке. Знание этих явлений позволяет лучше понять процессы нагрева в микроволновом поле.

Выводы

Таким образом, проведенные исследования семян в микроволновом поле выявили возникновение эффекта биостимуляции. Показано, что условия получения оптимального эффекта биостимуляции зависят от вида семян и длительности обработки. Так, при 90 с обработки отмечалось повышение лабораторной всхожести и энергии прорастания пшеница, сои и кукурузы. При этом темп нагрева в оптимальных режимах различен: для пшеницы – 0,15 К/с, кукурузы 0,14 К/с, сои – 0,17 К/с.

Для оценочного расчета граничного времени выдержки семян в микроволновом поле предложена методика, устанавливающая время нагрева до достижения изохорного процесса в растительной клетке. Превышение этого времени приведет к разрушению клеточных стенок и угнетению роста семян.

Обнаружено эффективное стерилизующее действие микроволновой термообработки увлажненной соломы, которое заключается в уничтожении конкурентных спор и улучшении условий для прорастания культивируемых дереворазрушающих грибов. Обнаружен оптимальный режим микроволновой обработки влажной соломы для приготовления субстратов. Для массы 0,4 кг оптимальная длительность обработки составляет 140 с при выходной мощности магнетрона 800 Вт.

Проведенное исследование сушки зерна в микроволновом поле обнаружило возникновение эффектов лавинообразного повышения давления в слое. В этих условиях температура превышает 70 °С при толщине слоя 0,1 м и выход пара с боковой поверхности и дна затруднен. В таких же условиях сушка приобретает крайне неравномерный характер, причем влагосодержание нижнего слоя может вырасти выше начального. Интенсивнее всего проходит сушка среднего слоя.



Исследована энергетическая эффективность преобразования микроволновой энергии во внутреннюю энергию материала в зависимости от его вида, загружаемого объема и влагосодержания.

Получено, что для сушки зерновых с начальным влагосодержанием 20 % КПД микроволновой камеры не превышает 67 %. Для нагрева воды КПД микроволновой камеры может достичь 90 %. Предложена зависимость для расчета значения микроволновой энергии, поглощенной заданным объемом обрабатываемого материала. При этом необходимо располагать данными по КПД микроволновой камеры, которые определяются экспериментальным путем.



KAPITEL 2 / CHAPTER 2. ASPECTS OF DESIGN OF ENCLOSURE STRUCTURES OF ENERGY EFFICIENT BUILDINGS IN UKRAINE

АСПЕКТЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ
ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ЗДАНИЙ В УКРАИНЕ

DOI: 10.30888/978-3-9821783-0-1.2020-01-01-065

Вступ.

Рівень енергоефективності (ефективного використання енергетичних запасів) в Україні складає 60% від рівня країн ЄС. На будівництво та експлуатацію будівель витрачається близько половини всієї енергії. На обслуговування та утримання будівель в Україні витрачається значна кількість енергоресурсів через низький опір теплопередачі огорожувальних конструкцій. Проблема підвищення рівня енергетичної ефективності будівель не є новою для нашої країни, проте заходи з його підвищення в окремих містах і регіонах не набули масового характеру. У першу чергу це пов'язано з тим, що вартість енергетичних ресурсів була нижча за ринкові ціни, що не створило відповідної мотивації для залучення інвестицій в енергоефективні технології в будівельній галузі. Сучасна тенденція в будівельній галузі щодо зниження собівартості будівництва, за рахунок використання дешевших і менш якісних матеріалів та порушення технологічних процесів при виконанні утеплення та опорядження зовнішніх огорожувальних конструкцій призводить до зниження якості конструкцій та збільшення тепло- та енерговтрат під час експлуатації, особливо це актуально для сучасних новобудов. В 2017 році в Україні прийнятий Закон про енергоефективність будівель спрямований на зменшення енергоспоживання і забезпечення належного рівня енергетичної ефективності будівель відповідно до технічних регламентів, національних стандартів, норм і правил. Цей Закон визначає основні засади для стимулювання зменшення споживання енергії у будівлях, забезпечення їх термомодернізації, стимулювання використання відновлюваних джерел енергії.

Основна частина.

Енергоефективність будівлі – властивість її теплоізоляційної оболонки та інженерного обладнання забезпечувати протягом очікуваного життєвого циклу побутові потреби людини та оптимальні мікрокліматичні умови для її перебування та/або проживання при нормативно допустимому рівні витрат енергетичних ресурсів на опалення, освітлення, вентиляцію, кондиціонування



повітря, гаряче водопостачання з урахуванням місцевих кліматичних умов за ДБН В.2.6-31:2016 «Теплова ізоляція будівель».

Оптимальні конструктивні рішення теплоізоляційної оболонки будівлі повинні сприяти раціональному використанню енергетичних ресурсів на обігрівання, охолодження та гаряче водопостачання, підтриманню допустимих санітарно-гігієнічних параметрів мікроклімату приміщень та нормативної довговічності її експлуатації. Показником енергетичної довговічності будівлі є питомі витрати теплової енергії на створення оптимальних теплових умов мікроклімату в приміщеннях на одиницю її опалювальної площі або об'єму. За показником енергетичної ефективності (інтервалом значень питомої витрати теплової енергії) визначають рівень енергетичної ефективності будівлі. Базовими в енергоефективності будівель є теплотехнічні закони передачі тепла, вологи і руху повітря через огорожувальні конструкції. Особливого значення вимоги щодо енергоефективності будівлі набувають під час проектування або термомодернізації теплоізоляційної оболонки будівлі (огорожувальних конструкцій підвалів, зовнішніх стін, конструкцій покриття) та забезпечення її відповідності чинним вимогам ДБН В.2.6-31:2016 з обов'язковим урахуванням: місцевих кліматичних умов; функціонального призначення, типу, архітектурно-планувального і конструктивного рішення будівлі; геометричних, теплотехнічних і питомих енергопотреб; нормативних санітарно-гігієнічних і мікрокліматичних умов приміщень; довговічності та надійності теплоізоляційної оболонки.

Під час проектування огорожувальних конструкцій енергоефективних будівель для задоволення побутових потреб людини і створення оптимальних мікрокліматичних умов в приміщеннях для її проживання і перебування положення ДБН В.2.6-31:2016 встановлюють мінімальні вимоги до теплотехнічних показників конструкцій теплоізоляційної оболонки (табл. 1) і до енергетичних характеристик будівель (табл. 2), які визначаються на підставі економічно обґрунтованого рівня їх енергетичної ефективності з урахуванням очікуваного життєвого циклу. При застосуванні системного принципу проектування за вимогами до енергетичної ефективності будівлі необхідно обов'язково перевіряти показники мінімально допустимої температури внутрішньої поверхні огорожувальних конструкцій, величини перепаду між температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції, волого-тепловий режим експлуатації,



повітропроникність і показники теплостійкості огорожувальної конструкції[1,10].

Для зовнішніх огорожувальних конструкцій будівель, які опалюються та охолоджуються, і внутрішніх конструкцій, що розділяють приміщення, температура повітря в яких відрізняється на 4°C та більше, обов'язкове виконання умов:

$$R_{\Sigma \text{пр}} \geq R_{q \text{ min}}, \quad (1)$$

$$\Delta T_{\text{пр}} \leq \Delta T_{\text{сг}}, \quad (2)$$

$$T_{e \text{ min}} > T_{\text{min}}, \quad (3)$$

де $R_{\Sigma \text{пр}}$ – приведений опір теплопередачі непрозорої огорожувальної конструкції чи непрозорої частини огорожувальної частини, приведений опір теплопередачі світлопрозорої огорожувальної конструкції, $\text{м}^2\text{K/Вт}$;

$R_{q \text{ min}}$ – мінімально допустиме значення опору теплопередачі непрозорої огорожувальної конструкції чи непрозорої частини огорожувальної конструкції, мінімальне значення опору теплопередачі світлопрозорої огорожувальної конструкції, $\text{м}^2\text{K/Вт}$;

$\Delta T_{\text{пр}}$ – температурний перепад між температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції, °C;

$\Delta T_{\text{сг}}$ – допустима за санітарно-гігієнічними вимогами різниця між температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції, °C;

$T_{e \text{ min}}$ – мінімальне значення температури внутрішньої поверхні в зонах теплопровідних включень в огорожувальній конструкції, °C;

T_{min} – мінімально допустиме значення температури внутрішньої поверхні при розрахункових значеннях температур внутрішнього і зовнішнього повітря, °C.

Мінімально допустимі значення опору теплопередачі непрозорих і світлопрозорих огорожувальних конструкцій та дверей будівель (табл. 1) залежать від температурної зони експлуатації будівлі. На карті-схемі температурних зон (рис. 1) розподіл на зони прийнятий по ізолінії 3500 градусо-днів опалювального періоду, а сама границя суміщена з межами областей України за вимогами ДБН В.2.6-31:2016 «Теплова ізоляція будівель» і ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія». Допустима за санітарно-гігієнічними вимогами різниця між температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції



$\Delta T_{\text{ст}}$, °C, для будівель встановлюється в залежності від виду огорожувальної конструкції: 4,0 °C – для зовнішніх і внутрішніх стін; 3,0 °C – для покриття і перекриття горищ; 2,0 °C – для перекриття над проїздами і підвалами.

Таблиця 1.

**Мінімальне допустиме значення опору теплопередачі
огорожувальних конструкцій житлових та громадських будівель, $R_{q \min}$**

№ п/п	Вид огорожувальної конструкції	Значення $R_{q \min}$, м ² ·К/Вт, для температурної зони	
		I	II
1	Зовнішні стіни	3,3	2,8
2	Суміщені покриття	6,00	5,5
3	Покриття опалювальних горищ (технічних поверхів) та покриття мансардного типу	4,95	4,5
4	Горищні перекриття неопалювальних горищ	4,95	4,5
5	Перекриття над проїздами та неопалювальними підвалами	3,75	3,3
6	Світлопрозорі огорожувальні конструкції	0,75	0,6
7	Зовнішні двері	0,6	0,5

Мінімально допустима температура внутрішньої поверхні непрозорих огорожувальних конструкцій у зонах теплопровідних включень, T_{min} , у кутах і укосах віконних і дверних прорізів, а також мінімально допустима температура внутрішньої поверхні мансардних вікон і zenітних ліхтарів при розрахунковому значенні температури зовнішнього повітря для I температурної зони -22 °C, а для II – -19 °C, повинна бути не менша, ніж температура точки роси t_p за розрахунковими значеннями температури й відносної вологості внутрішнього повітря житлових будинків відповідно $t_v = +20$ °C і $\phi_v = 55$ %.

Мінімальна температура на внутрішній поверхні, T_{min} , світлопрозорих огорожувальних конструкцій будівель при розрахункових значеннях температур зовнішнього і внутрішнього повітря та відносної вологості внутрішнього повітря вказаних вище, повинна бути: для коробок, рам і штапиків віконних і дверних блоків, а також світлопрозорих зон, включаючи зони дистанційних рамок – не менше, ніж +6°C, а для непрозорих зон і елементів, включаючи стулки та імпости віконних і дверних блоків, стійки й ригелі світлопрозорих фасадів, непрозоре заповнення балконних дверей тощо – не менше, ніж температура точки роси, t_p .



Таблиця 2.

Нормативна максимальна питома енергопотреба для житлових і громадських будівель EP_{max}

Ч.ч.	Призначення будівлі	Значення EP_{max} , кВт·год/м ² [кВт·год/м ³], для температурної зони України	
		I	II
1	Житлові будинки поверховістю:		
	від 1 до 3	120	110
	від 4 до 9	83	81
	від 10 до 16	77	75
	17 і більше	70	68
2	Громадські будівлі та споруди поверховістю:		
	від 1 до 3	$[20\Lambda_{bci} + 31]$	$[19,4\Lambda_{bci} + 33]$
	від 4 до 9	[38]	[40]
	від 10 до 24	[37]	[39]
	25 і більше	[34]	[36]
3	Підприємства торгівлі	$[28 \Lambda_{bci} + 17]$	$[32 \Lambda_{bci} + 18]$
4	Готелі		
	від 1 до 3	110	100
	від 4 до 9	75	70
	10 і більше	65	60
5	Будинки та споруди навчальних закладів	[28]	[30]
6	Будинки та споруди дитячих дошкільних закладів	[48]	[50]
7	Заклади охорони здоров'я	[48]	[50]
	Примітка: Λ_{bci} – коефіцієнт компактності будівлі, м ⁻¹		



Рис. 1. Карта-схема температурних зон України



Визначення опору теплопередачі непрозорого огородження

У холодний період року для створення комфортних умов перебування людей в приміщеннях до будівель подається деяка кількість теплоти, яка є продуктом використання різних видів палива і постійно зростає за ціною. Для збереження теплоти на опалення будівель на етапі проектування розробляють теплоізоляційну оболонку у вигляді огорожувальних конструкцій підвалів, зовнішніх стін і покриттів будівель. Різниця температур всередині та зовні будівлі або між різними її частинами сприяє переходу тепла від нагрітих приміщень до холодного середовища, а розділювальні стіни, підлоги і покриття чинять деякий опір переходу тепла, але повністю не запобігають йому. Метою теплоізоляції огорожувальних конструкцій будівлі є зменшення кількості тепла, яка передається через неї.

Задача проектування зовнішніх огорожувальних конструкцій будівель вирішується методами будівельної теплотехніки, які базуються на загальній теорії теплообмінних і масообмінних процесів у матеріальних середовищах. При цьому зовнішні огорожувальні конструкції розглядаються у термодинамічному процесі як відкриті системи, які обмінюються із зовнішнім середовищем енергією шляхом тепло-, волого- та повітрообміну.

В основу розрахунків будівельної теплотехніки покладені методи розрахунку за граничними станами опору теплопередачі та теплостійкості огорожувальних конструкцій будівель. Це означає, що під час проектування будівель розробляють, як правило, багат шарову огорожувальну конструкцію, розраховують опори теплопередачі по основному полю за формулами наведеними на рис. 2, та приведений опір теплопередачі за рис. 3, який порівнюють з відповідними мінімально допустимими величинами, наведеними в табл. 1. У разі невиконання вимог корегують конструктивне рішення огорожувальної конструкції. Особливої уваги потребують додаткові утеплення ймовірних містків холоду [6].

Розрахунки енергоефективності будівлі завершуються розробкою енергетичного паспорту – документа, який містить геометричні, енергетичні та теплотехнічні характеристики спроектованих або експлуатованих будівель, їх теплоізоляційної оболонки і визначає їх відповідність нормативним документам[15].



Рис. 2. Розрахунок опору теплопередачі багатошарової огорожувальної конструкції

Формула приведенного опору теплопередачі

$$R_{\Sigma \text{пр}} = \frac{F_{\Sigma}}{\sum_{i=1}^I \frac{F_i}{R_{\Sigma i}} + \sum_{j=1}^J k_j L_j + \sum_{k=1}^K \psi_k N_k}$$

F_{Σ} – загальна площа огороження, м²

$R_{\Sigma i}$ – опір теплопередачі однорідних ділянок, м²К/Вт, площею F_i

k_j – лінійний коефіцієнт теплопередачі, Вт/(мК) на довжині стику L_j

ψ_k – точковий коефіцієнт теплопередачі, Вт/К, кількість кріплень N_k

$$R_{\Sigma \text{пр}} \geq R_{q \text{ min}}$$

Рис. 3. Розрахунок приведенного опору теплопередачі багатошарової огорожувальної конструкції

Методологія проектування енергоефективних будівель

Будівля розглядається як єдина енергетична система, що складається з незалежних підсистем:

- зовнішній клімат, як джерело енергії та об'єкт, від якого треба захищати будівлю;
- будівля, як комплекс інженерних підсистем, енергетично пов'язаних між собою.

Дослідження операцій включає: побудову математичної моделі формування теплового режиму приміщень; вибір цільової функції, яка встановлює умови обмеження і формулювання задачі оптимізації; рішення поставленої оптимізаційної задачі.

Способом визначення тепловитрат за вимогами ДСТУ Б EN ISO 13790:2011 «Енергетична ефективність будинків. Розрахунок енергоспоживання на опалення та охолодження» є методи: сезонний або місячний, спрощений погодинний або



метод деталізованого моделювання.

Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні наведений у ДСТУ Б А.2.2-12:2015 «Проектування. Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні».

Схема послідовності розрахунку енергоспоживання: 1) визначення границь кондиціонованих і некондиціонованих об'ємів та (за необхідності) розподіл будівлі на розрахункові зони; 2) визначення вхідних величин теплоізоляційної оболонки будівлі, умов внутрішнього і зовнішнього середовища, моделі зайнятості (роботи) та інженерних систем для кожної зони; 3) розрахунок теплопередачі трансмісією і вентиляцією для кожної зони будівлі та місяця року; 4) розрахунок внутрішніх і сонячних теплонадходжень для кожної зони будівлі і місяця року; 5) розрахунок енергопотреби для опалення, охолодження, вентиляції та гарячого водопостачання (ГВП) для кожної зони будівлі та місяця року; 6) розрахунок додаткової енергії, теплових втрат систем виділення, розподілення та вироблення енергії для кожної зони будівлі та місяця року; 7) розрахунок енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, ГВП і освітлення для кожної зони будівлі та місяця року; 8) підсумовування результатів енергоспоживання для всієї будівлі за рік; 9) складання звіту для будівлі.

Для визначення класу енергоефективності будівлі розраховують питому річну енергопотребу для опалення, охолодження та ГВП за формулою

$$EP = (Q_{H,nd} + Q_{C,nd} + Q_{DHW,nd}) / A_f \text{ (або } V) \quad (4)$$

де $Q_{H,nd}$, $Q_{C,nd}$ та $Q_{DHW,nd}$ – річна енергопотреба будівлі для опалення, охолодження та гаряче водопостачання, відповідно, кВт·год, що визначається за ДСТУ Б А.2.2-12;

A_f , V – кондиціонована (опалювальна) площа для житлової, m^2 , або кондиціонований об'єм для громадської будівлі (або її частини), m^3 , що визначається за ДСТУ Б EN ISO 13790.

За табл. 2 визначають нормативна максимальна питома енергопотреба для функціонування будівлі. Клас енергетичної ефективності будівлі за питоною енергопотребою (табл. 3) визначається за різницею розрахункового або фактичного значення питокої енергопотреби EP і максимально допустимого значення EP_{max} у відсотках за формулою $[(EP - EP_{max}) / EP_{max}] \cdot 100\%$.



Таблиця 3.

Класифікація будинків за енергетичною ефективністю

Класи енергетичної ефективності будинку за питомою енергопотребою	Різниця в % розрахункового або фактичного значення питомої енергопотребі, EP , від максимально допустимого значення, EP_{max} , $[(EP - EP_{max})/EP_{max}] \cdot 100\%$
A	Мінус 50 та менше
B	Від мінус 49 до мінус 10
C	Від мінус 9 до 0
D	Від 1 до 25
E	Від 26 до 50
F	Від 51 до 75
G	76 та більше

Клас енергетичної ефективності будівлі за вимогами ДБН В.2.6-31:2016 повинен бути не нижче «С». Якщо це не виконується необхідно передбачити заходи для зниження рівня енергетичних витрат за показниками енергоефективності будівлі – термомодернізувати теплоізоляційну оболонку та/або технічні системи будівлі.

За методикою розрахунку енергоефективності відповідно до Закону України про енергоефективність будівель клас енергоефективності пропонується визначати за показником енергоспоживання. Тому в формулі (4) замість Q_{nd} підставляються значення Q_{USE} , які розраховуються за ДСТУ Б А.2.2-12:2015. Запропонована за цією методикою класифікація будівель потребує подальших уточнень, пов'язаних з поверховістю будівель і врахуванням температурних зон України, які в даній роботі не розглядаються.

У сучасній будівельній практиці України визначним фактором погодження замовником/інвестором проектного рішення теплоізоляційної оболонки будівель є мінімізація витрат на будівництво. Хоча для досягнення максимальної ефективності використання матеріальних ресурсів необхідним є оцінка витрат на період усього життєвого циклу об'єкта будівництва. Оптимізація вартості життєвого циклу будівлі повинна зайняти ключову роль в процесі прийняття рішень, оскільки вона включає економічний аналіз витрат, пов'язаних з будівництвом, експлуатацією та обслуговуванням будівельного об'єкту. Найбільший ефект від використання вартості життєвого циклу можна отримати на стадії проектування будівель[7]



В будівельній галузі капітальні витрати на будівництво майже завжди відокремлюються від вартості технічного обслуговування. Витрати на життєвий цикл будівлі та конструкцій і його завершення рідко розглядаються під час проектування. Практика полягає в тому, щоб погодити найнижчі капітальні витрати на будівництво, і відокремити витрати на технічну експлуатацію будівлі. Типологія будівель дуже різноманітна, їх класифікують за функціональним призначенням, будівельними і конструктивними системами і схемами, за термінами довговічності, за умовною висотою тощо. До будівель і їх конструкцій висувають вимоги забезпечення надійності, конструктивної та пожежної безпеки, необхідного рівня санітарно-гігієнічних якостей і збереження енергії, урахування впливу природно-кліматичних умов місцевості, вибору конструкцій, що відповідають рівню їх капітальності, економічності будівництва і експлуатації тощо. Тому при проектуванні огорожувальних конструкцій будівель необхідно постійно вирішувати задачі багатокритеріальної оптимізації [8].

У зв'язку з наявністю широкої номенклатури ізоляційних матеріалів з різними техніко-економічними показниками, виникає необхідність уточнення нормативних вимог, які не регламентують вибір конкретних типів шарів, з яких можуть складатись оптимальні системи огорожувальних конструкцій зовнішніх стін і покриттів будівлі та урахування витрат на їх повний життєвий цикл при забезпеченні енергетичної ефективності об'єкта.

Зовнішні стіни є складною, дорогою і відповідальною частиною будівель, вони забезпечують їх міцність та експлуатаційні якості, захист внутрішнього середовища від зовнішніх впливів [11, 12, 13]. За статичною роботою в системі будівлі вони можуть бути: несучими, які сприймають вертикальні навантаження від власної ваги, вітру, конструкцій покриття, перекриттів, сходів і передають їх через фундаменти на ґрунтові основи; самонесучими, які сприймають навантаження лише від власної ваги всіх розташованих вище поверхів будівлі та передають їх через власні фундаменти на ґрунтові основи; ненесучими фахверковими, які сприймають навантаження від власної ваги в межах одного поверху і передають їх на горизонтальні несучі конструкції будинків (ригелі каркаса або плити перекриттів); навісними, які сприймають навантаження від власної ваги в межах одного або частини поверху і передають їх на вертикальні несучі конструкції будівель (колони або ригелі каркаса, внутрішні стіни, плити перекриттів, об'ємні блоки) у місцях кріплень. За матеріалом стіни поділяють на:



муровані з різного виду каменів; залізобетонні; дерев'яні; комплексні багатошарові. За методом спорудження стіни поділяють на: змуровані вручну з природних або штучних каменів, з'єднаних будівельними розчинами; монолітні, виконані на будівельному майданчику з різних видів бетонів і арматури; збірні, які монтуються з великих бетонних блоків, залізобетонних або «сендвіч-панелей» та інших збірних конструкцій.

Вимоги із забезпечення міцності зовнішніх стін суперечать вимогам енергозбереження – матеріали, які мають високу міцність здебільшого мають велику густину і відповідно до того малий опір теплопередачі. Тому у сучасному будівництві для забезпечення мінімально допустимого опору теплопередачі, зовнішні стіни проектують багатошаровими, вони мають несучий, термоізоляційний і зовнішній захисний шари. Недоцільно використовувати одношарові несучі зовнішні стіни – товщина їх повинна бути нерационально великою для забезпечення нормованої теплоізоляції приміщень, наприклад, силікатної цегли понад 1,5 м. Вирішенням проблеми енергозбереження є проектування зовнішніх стін будівель багатошаровими, в яких розділені несучі та огорожувальні конструктивні елементи, та використання зовнішніх ненесучих фахверкових чи навісних стін з передачею навантажень на плити перекриттів, колони каркаса або поперечні стіни.

У сучасному будівництві несучі та самонесучі багатошарові стіни проектують з внутрішнім несучим шаром із цегли на цементно-піщаному розчині, збірного або монолітного залізобетону, товщина якого приймається за результатами розрахунку на міцність і стійкість. З боку фасадів влаштовують термоізоляційний шар ефективного утеплювача, надійно з'єднаний з несучим, який опоряджується декоративною штукатуркою чи індустриальними елементами з вентиляльованим повітряним прошарком. Товщина і густина термоізоляційного шару визначається розрахунком опору теплопередачі.

З урахуванням кліматичних характеристик усіх районів України при проектуванні огорожувальних конструкцій будівель [11, 12, 14] найкраще зарекомендувала себе фасадна теплоізоляція зовнішніх стін – розташування утеплювача з боку фасадів (рис. 4).

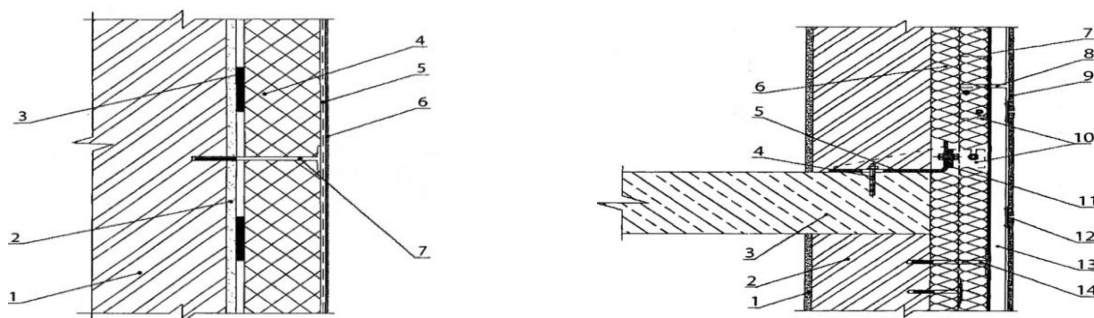


Рис. 4. Конструктивні системи зовнішніх стін з фасадною теплоізоляцією: а – з опорядженням легкими тонкошаровими штукатурками; 1 – несуча стіна; 2 – шар штукатурки; 3 – клейовий шар; 4 – утеплювач; 5 – захисний шар, армований склосіткою; 6 – опоряджувальне покриття; 7 – елемент механічного кріплення утеплювача; б – з вентильованим повітряним прошарком і стояковим кріпленням зовнішнього опорядження індустріальними елементами; 1 – внутрішня штукатурка; 2 – фахверкова або несуча стіна; 3 – плита перекриття; 4 – анкер клиновий; 5 – кронштейн; 6 – утеплювач; 7 – повітрозахисна плівка; 8 – повітряний вентильований прошарок; 9 – індустріальні личкувальні елементи (керамічні плитки); 10 – з'єднувальні елементи; 11 – прокладка; 12 – кляммер; 13 – стояк; 14 – елемент механічного кріплення утеплювача

Покриття (дах) – верхній конструктивний елемент, призначений для захисту приміщень будівлі від зовнішніх кліматичних факторів і впливів, який виконує комплекс несучих і огорожувальних функцій (гідроізоляційні та теплоізоляційні). Покрівля – елемент покриття (даху), який захищає будівлю від проникнення в нього атмосферних опадів. Проектування покриттів будівель виконуються за ДБН В.2.6-220:2017 «Конструкції будинків і споруд. Покриття будинків і споруд». Використання ефективних систем тепло-і гідроізоляції покриттів дозволяє суттєво скоротити споживання енергоресурсів на опалення будівель. Несучими конструктивними елементами покриттів є залізобетонні плити або стрижньові елементи, огорожувальними – гідроізоляційні та термоізоляційні шари [12, 13].

В конструкції покриття найчастіше використовують основні шари:

1) захисний – захищає шари покрівлі від механічних і температурних впливів (гравійна посипка або геотекстиль при укладанні баласту); 2) гідроізоляція – ізолює внутрішні шари покрівлі від проникнення атмосферної



вологи; 3) теплоізоляція – забезпечує стабільну температуру повітря в приміщеннях; 4) пароізоляція – перешкоджає проникненню водяної пари зсередини будівлі в конструкцію покрівлі; 5) несуча основа під покрівлю – плити, балки із заповненням, стрижньові елементи тощо.

За конструктивними рішеннями покриття поділяються на: 1) кроквяні (каркасні), що споруджуються із значними похилами з лінійних елементів, які утворюють горище; 2) плитні залізобетонні суміщені, в яких термоізоляційний і гідроізоляційний шари влаштовані безпосередньо по перекриттю верхнього поверху; іноді такі покриття використовуються для розміщення обладнання або відпочинку людей – експлуатовані та «зелені» покрівлі; 3) плитні залізобетонні роздільні, в яких між плитами перекриття верхнього поверху і конструкціями покриття наявний простір, який вентильовується, або горище, що може використовуватися для розміщення інженерного обладнання; 4) мансардні, в яких у горищному просторі влаштовані приміщення, призначені для перебування або проживання людей.

Індустріальні покриття в масовому будівництві України споруджують переважно із залізобетонних конструкцій суміщеними плоскими (з похилом до 15°) або з горищами. За температурно-вологісним станом внутрішній простір горищних покриттів може бути:

- холодним – термоізоляцію влаштовують по перекриттю верхнього поверху;
- теплим – теплоізоляційні шари влаштовують по покриттю горища, при цьому гідроізоляційні шари укладають по верху утеплювача або під ним.

Останній варіант, який забезпечує кращий захист шарів гідроізоляції, називається інверсійним.

Покриття будівель класифікують: за об'ємно-планувальними рішеннями – горищні (з горищним простором) або безгорищні; за геометричною формою та умовами водовідведення – похилі або плоскі; за системою ізоляції – холодні, теплі або суміщені. В будівлях, висотою понад 18 м, за вимогами ДБН В.2.6-220:2017 передбачається внутрішнє водовідведення води з проектуванням плоских покриттів. В умовах щільної забудови міст та висотних обмежень для багатопверхових нежитлових будівель найчастіше використовуються плоскі суміщені покриття. Для багатопверхових житлових будинків за вимогами ДБН В.2.2-15-2019 «Будинки і споруди. Житлові будинки. Основні положення»



рекомендується проектувати горищними плоскими. Безгорищні суміщені та експлуатовані покриття проектують в багатоповерхових житлових будинках, які споруджують за індивідуальними проектами, тому що сучасні покрівельні системи, в яких використовуються ефективні матеріали і технології, дозволяють створювати герметичні, енергоефективні та надійні конструктивні рішення різних типів покриттів [2, 3].

Таким чином при проектуванні огорожувальних конструкцій енергоефективних будівель необхідно вирішувати багатокритеріальні задачі з врахуванням технологічних, економічних, експлуатаційних і екологічних вимог в залежності від: виду функціонального призначення будівлі; будівельної та конструктивної системи будівлі; навантажень і впливів на конструкцію; типу несучої конструкції стіни або покриття; порядку розміщення і технології влаштування основних несучих і захисних шарів конструкції; вартості матеріалів, монтажу, експлуатації та їх утилізації (життєвого циклу).

Досвід кращих світових практик засвідчує, що врахування вартості життєвого циклу при проектуванні теплоізоляційної оболонки будівель підвищує їх інвестиційну привабливість, дозволяє прогнозувати і точно оцінювати ефективність витрат на споруду. Розрахунок вартості життєвого циклу огорожувальних конструкцій будівлі – одна з головних форм аналізу ефективності прийнятих рішень за ISO 15686-5:2017 «Buildings and constructed assets – Service life planning – Part 5: Life-cycle costing» (рис. 5, 6).

Вимоги до енергоефективності будівлі та її життєвого циклу також використовуються в системі добровільної сертифікації LEED (Leadership in Energy and Environmental Design), що розроблена Радою по «зеленому» будівництву США. Проектувальники, інженери, будівельники, власники будівель, керуючі компаніями шляхом застосування сучасних підходів до проектування, врахування природних та інфраструктурних особливостей будівельних майданчиків і потреб кінцевих користувачів створюють якісні, довговічні, енергоефективні та привабливі об'єкти.

Проте, задача вибору оптимального рішення конструкцій теплоізоляційної оболонки будівлі в практиці українського проектування з урахуванням наведених критеріїв життєвого циклу зазвичай не розглядається, а погодження варіантів здійснюється на основі ординального вибору (конкретного технічного завдання, що ґрунтується на попередньому досвіді замовника; досвіду в предметній галузі проектувальника, його ставлення до проблеми, зацікавленості



у результаті, особистісних якостей; зовнішньої мотивації, впливу думок інших експертів, впливу відповідальності за використання результату експертизи тощо).

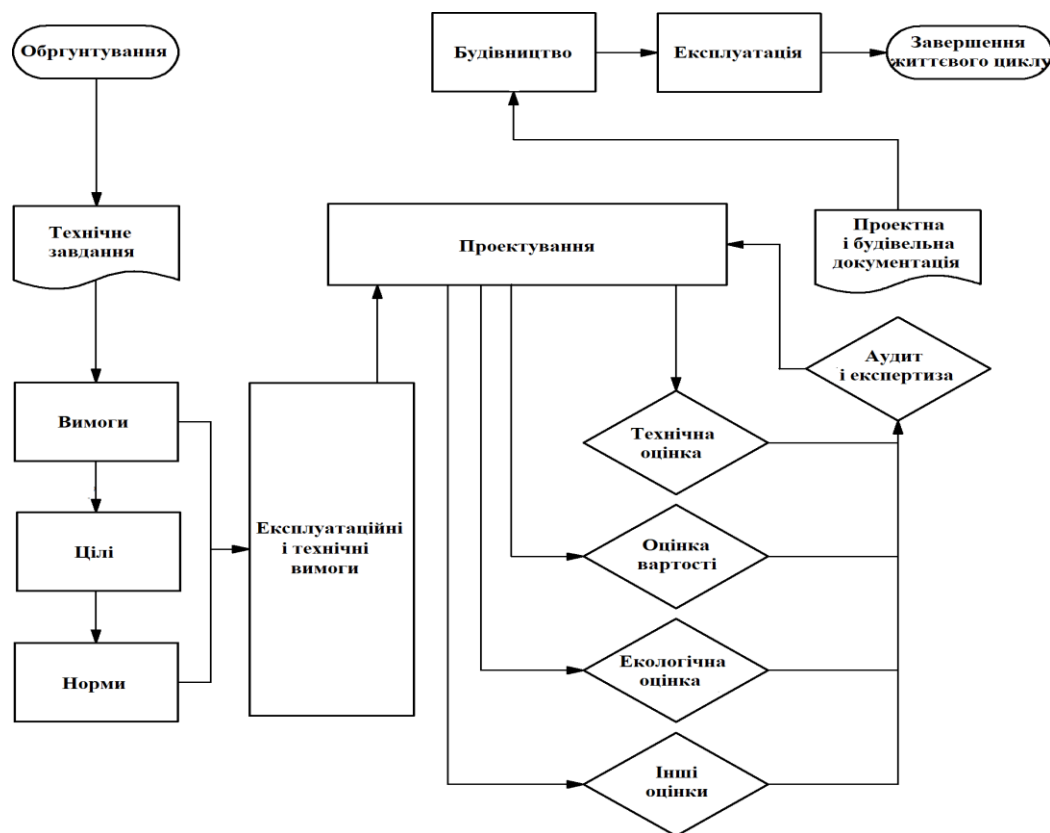


Рис. 5. Експлуатаційні та технічні вимоги в контексті життєвого циклу проектування теплоізоляційної оболонки будівлі

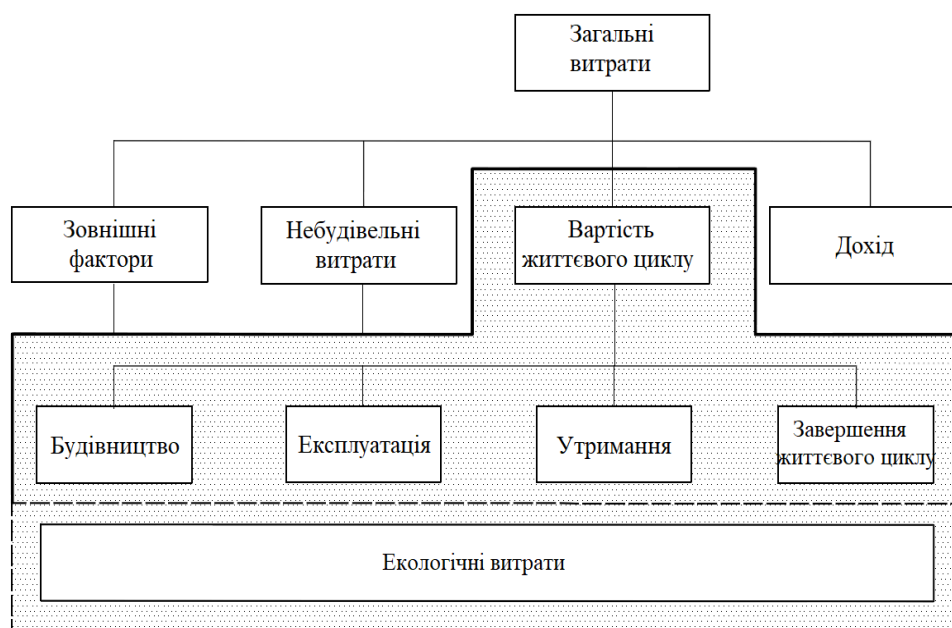


Рис. 6. Елементи вартості загального і життєвого циклів теплоізоляційної оболонки



Загальну схему прийняття рішень при проектуванні огорожувальних конструкцій будівлі можна описати в такому вигляді (рис. 7). Кожен блок 1–5 наведеної схеми потребує конкретизації та певної формалізації. Задача із заданою множиною альтернатив і принципом оптимальності є загальною задачею оптимізації, зміст якої полягає у виділенні множини кращих альтернатив. За умови, що принцип оптимальності задається множиною критеріальних функцій, необхідно розв'язувати задачу багатокритеріальної оптимізації [9].



Рис. 7. Загальна схема прийняття рішень при проектуванні огорожувальних конструкцій

Отже, аналіз варіантів при виборі оптимального конструктивного рішення теплоізоляційної оболонки будівлі зводиться до задачі багатокритеріальної оцінки альтернатив. За класифікацією системного аналізу, усі проблеми вибору поділяють на класи [2, 5]:

- добре структуровані (*well-structured*), або кількісно сформульовані проблеми, у яких суттєві залежності виявлені дуже добре;
- не структуровані (*unstructured*) або якісно виражені проблеми, що містять лише опис найважливіших ресурсів, ознак і характеристик, кількісні залежності між якими невідомі;
- слабо структуровані (*ill-structured*), або змішані проблеми, які містять як кількісні елементи, так і якісні, не до кінця з'ясовані показники.

Враховуючи, що проектування огорожувальних конструкцій будівель різного типу є складним процесом, містить якісні та кількісні складові, задачу



вибору оптимальних конструктивних рішень енергоефективних зовнішніх стін і покриттів будівель можна віднести до слабо структурованих задач вибору.

Найбільш поширеними є дві групи методів вибору раціональних рішень огорожувальних конструкцій: ординального і кардинального.

Група методів ординального вибору виконує упорядкування n -варіантів, яке здійснюється групою експертів. З їх індивідуальних оцінок знаходиться групова оцінка [4]. Для отримання експертних оцінок з прийнятним рівнем точності застосовується зазвичай метод Дельфі – процедура отримання експертних оцінок шляхом неодноразового опитування групи спеціалістів. Метод експертних оцінок по суті є універсальним по відношенню до вирішення задач багатокритеріального вибору, проте, насправді, працює лише із зовнішніми аспектами прийняття рішення, не торкаючись процедурної частини проблеми.

Друга група методів кардинального вибору заснована на критеріальній оцінці альтернатив [4]. Класифікація критеріальних задач вибору наведена на рис. 8 [2].

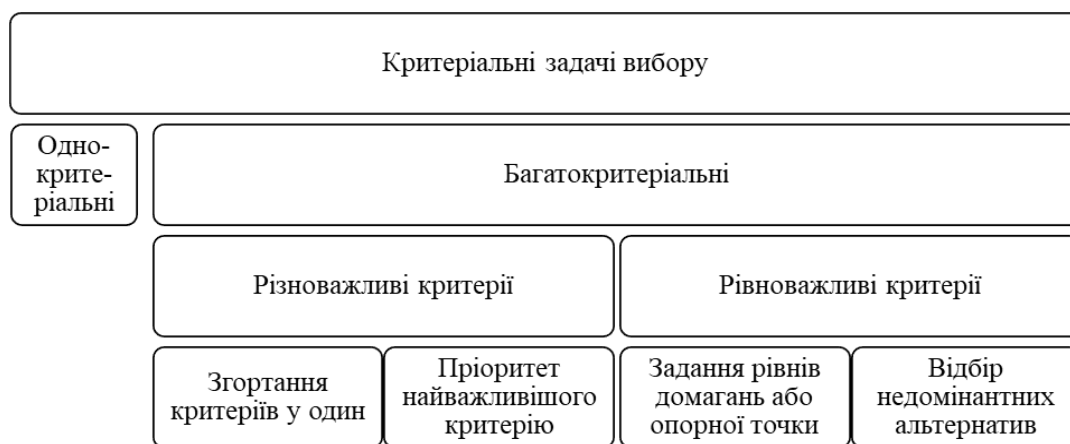


Рис. 8. Класифікація критеріальних задач вибору

Висновки

Таким чином, задачі вибору оптимальних рішень огорожувальних конструкцій зовнішніх стін і покриття на стадії проектування будівлі визначаються як задачі багатокритеріального кардинального вибору альтернатив з різними важливими критеріями зі скінченої множини допустимих рішень при вирішенні слабо структурованої проблеми з чітко заданими розподіленими параметрами. Теплоізоляційні оболонки будівлі з



використанням сучасних систем ізоляції [11] доцільно використовувати в усіх типах будівель.

Ключовими параметрами і обмеженнями енергоефективних зовнішніх стін будівель є: 1) тип статичної роботи: несуча, самонесуча, ненесуча фахверкова чи навісна; 2) вид несучої основи за матеріалом: муровані з каменів, цегли, залізобетонні, дерев'яні, комплексні багатошарові; 3) тип за методом спорудження: змуровані вручну з каменів, монолітні залізобетонні, збірні з великих бетонних блоків, залізобетонних або сандвіч-панелей; 4) розташування утеплювача: фасадне, всередині стіни, з боку приміщень; 5) тип фінішного опорядження: тонко- або товстошаровими штукатурками, цеглою або стіновими каменями, з вентильованим повітряним прошарком і опорядженням індустриальними елементами або світлопрозорим фасадом; 6) вимоги протипожежної безпеки: вогнестійкість REI, межа поширення полум'я М; група горючості матеріалів Г; 7) технологічні вимоги: місце розташування будівлі (врахування регіональності використовуваних матеріалів і їх складових), сезонність виконання робіт; 8) вартість життєвого циклу.

Ключовими параметрами і обмеженнями енергоефективних покриттів будівель є: 1) тип несучої основи: стрижньові (дерев'яні, сталеві або залізобетонні), профільовані листи по прогонах, дерев'яні настили, монолітні залізобетонні плити, збірні залізобетонні плити (багатопустотні, ребристі, суцільні), комбінований; 2) тип фінішного покриття: експлуатоване чи неексплуатоване, озеленене (з визначенням індексу відбиття сонячного випромінювання SRI), традиційне або інверсійне; 3) інтенсивність обслуговування покриття (обмежений доступ до покрівлі, обслуговування покрівлі, наявність та розміщення обладнання); 4) вимоги протипожежної безпеки: вогнестійкість REI, межа поширення полум'я М; група горючості матеріалів Г; технології монтажу матеріалів із/без застосування відкритого полум'я; 5) тип приміщень, розташованих безпосередньо під покриттям (з нормальною/підвищеною вологістю, температурний режим); 6) технологічні вимоги: місце розташування об'єкту (врахування регіональності використовуваних матеріалів і їх складових), сезонність виконання робіт; 7) управління відходами: використання матеріалів, що придатні до переробки; 8) вартість життєвого циклу.



KAPITEL 3 / CHAPTER 3.

MODERNIZATION OF WATER-HEATING WATER-TUBE BOILERS OF HEATING BOILER SYSTEMS DISTRICT HEATING TO IMPROVE THEIR ENVIRONMENTAL CHARACTERISTICS**МОДЕРНИЗАЦИЯ ВОДОГРЕЙНЫХ ВОДОТРУБНЫХ КОТЛОВ ОТОПИТЕЛЬНЫХ КОТЕЛЕН СИСТЕМАМИ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ИХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК****DOI: 10.30888/978-3-9821783-0-1.2020-01-01-066****Вступ.**

В Україні, як і в інших пострадянських країнах та країнах Східної Європи, що входили до Ради економічної взаємодопомоги, в містах теплопостачання здійснюється системами централізованого теплопостачання. Одним з основних елементів цих систем є теплогенеруюча установка або у вигляді ТЕЦ (теплоелектроцентралі) або у вигляді опалювальної котельні. Опалювальні котельні прийнято поділяти за потужністю на групові, квартальні, районні та станції теплопостачання. Відповідно до потужності ці котельні оснащувались різними котлами. Для групових котелень характерні котли серії НІСТу, Факел та деякі інші. Всі вони не відповідають сьогоденним вимогам як з екології, так і з енергоефективності і підлягають заміні (можливо крім котлів Факел).

Для квартальних котелень в Україні в основному використовувались і зараз знаходяться в експлуатації котли серії ТВГ або КВГ, проекти яких розроблені свого часу в Інституті газу НАНУ. Більшість цих котлів або вже відпрацювали свій паспортний термін експлуатації (котли серії ТВГ) або наближуються до цієї межі (в основному серії КВГ, як спадкоємці серії ТВГ). Але в їх конструкції закладений достатній потенціал для модернізації з використанням сучасних матеріалів та конструктивних елементів. В районних котельнях та станціях теплопостачання експлуатуються котли серії ПТВМ та КВГМ. Котли цих серій встановлені також на ТЕЦ у якості пікових котлів.

Паливом для всіх цих серій котлів слугує природний газ. Це не є вадою, бо «Дорожня карта Європейського Союзу з енергетики до 2050 року» передбачає використання не менше 25 % природного газу в якості палива ще в 2050 році [1], не дивлячись на пріоритетний розвиток альтернативних та відновлюваних джерел енергії. Однак, жоден з типів котлів, що використовуються в системах централізованого теплопостачання України не задовольняє вимогам ЄС щодо шкідливих викидів в атмосферне повітря – 100 мг/м³ оксидів азоту (NO_x) та оксиду вуглецю 100 мг/м³ (CO).



Україна прийняла в 2015 році програму зменшення викидів від теплогенеруючого обладнання до європейського рівня [2]. Виконати цю програму можна двома шляхами: або заміною всіх котлів, або модернізацією тих котлів, стан яких дозволяє продовжити їх життєвий цикл. Перший шлях є дуже витратним і через це не виглядає реальним крім групових котелень. Для групових котелень характерний процес заміни застарілих водогрійних котлів, бо модернізація цих котлів з доведенням до необхідного рівня може коштувати більше ніж заміна їх на жаротрубно-димогарний котел відповідної потужності. Приймається для розгляду другий шлях, на користь якого виступає ще той факт, що водотрубні котли перелічених серій є дуже ремонтноздатним, бо вимога ремонтноздатності закладалася ще в період їх проектування на стадії розроблення технічного завдання.

Проблемою зниження шкідливих викидів в атмосферне повітря займалися ще в минулому сторіччі провідні науково-дослідні та проектні організації: Центральний котло-турбінний інститут ім. Ползунова (ЦКТИ, м. Санкт-Петербург), Енергетичний інститут (ЕНІН, м. Москва), Всесоюзний теплотехнічний інститут (ВТІ, м. Москва), Інститут газу НАНУ (м. Київ), Середньоазіатський науково-дослідний інститут газу (СередАЗНІГаз, м.Ташкент) та деякі вищі учбові заклади. Починаючи з середини шістдесятих років і до розпаду Радянського Союзу видано декілька монографій, присвячених проблемам підвищення енергоефективності котлів і зменшенню шкідливих викидів під час їх експлуатації [3-8], а також розробленню теоретичних засад захисту повітряного басейну при спалюванні органічного палива у парових енергетичних котлах великої потужності і тільки поодинокі публікації стосувались екологічних аспектів будови та експлуатації водогрійних котлів. Так, в [9] оприлюднені дані за результатами дослідження оптимізації розташування пальників в топці водогрійного котла ПТВМ-50. Дослідженню процесів появи оксидів в водогрійних котлах малої та середньої потужності присвячені роботи [6, 9, 10], зокрема в роботі [9] наведені результати дослідження генерування оксидів азоту при зміні навантажень, які співпадають з результатом робіт [3-7], а в роботі [10] наведені результати впливу рециркуляції на генерування оксидів азоту та вуглецю в котлах малої потужності.

Не дивлячись на наявність відмінності в конструкції й умовах експлуатації великих парових енергетичних котлів від конструкції і умов експлуатації



водогрійних котлів деякі результати досліджень можна розширити на останні. Узагальнюючі результати багатьох досліджень, можна сформулювати основні напрямки пошуків заходів для зменшення шкідливих викидів в атмосферне повітря від водогрійних котлів.

До таких заходів можна віднести наступні:

- використання пальників Low - NO_x замість штатних;
- оптимізація кількості пальників та місця їх розташування в топці;
- рециркуляція продуктів згоряння;
- інтенсифікація теплообміну в топці;
- вдосконалення аеродинаміки факелу;
- комбіновані методи;

Основна частина.

На початку роботи над проектом модернізації водогрійного водотрубного котла необхідно розглянути два напрямки роботи:

- підвищення загальної енергоефективності котла;
- розроблення спеціальних заходів зі зменшення генерування оксидів азоту (NO_x) та оксиду вуглецю (CO).

Підвищення загальної енергоефективності котла в першу чергу впливає на зниження питомої витрати палива на генерування одиниці теплоти (Гдж чи Гкал). Зниження питомої витрати палива на пряму веде до зменшення як валових викидів шкідливих речовин, так і питомих. Потенціал зниження питомої витрати палива в котлі можна визначити, використовуючи відомий механізм – аналіз рівняння теплового балансу котла [11]:

$$q_n = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6, \quad (1)$$

q_n – наявна теплота на 1 кг (1 м³) робочого палива, кДж/кг або кДж/м³;

q_1 – корисно використана теплота, кДж/кг або кДж/м³;

q_2 – втрати теплоти з відхідними газами, кДж/кг або кДж/м³;

q_3 – втрати теплоти від хімічної неповноти згорання, кДж/кг або кДж/м³;

q_4 – втрати теплоти від механічної неповноти згорання, кДж/кг або кДж/м³;

q_5 – втрати теплоти в навколишнє середовище через огороження котла, кДж/кг або кДж/м³;

q_6 – втрати з фізичною теплотою шлаку, кДж/кг або кДж/м³;

Оскільки розглядається в якості палива тільки природній газ, то втрата з механічним недопалом q_4 та зі шлаком q_6 з розгляду виключаються. Найбільша



втрата в рівнянні припадає на продукти згоряння q_2 . Ця втрата залежить від двох факторів – температури димових газів T_{yx} за котлом та надлишку повітря перед димотягою α_{yx} , яка в свою чергу залежить від присосів холодного повітря в середину котла і визначається за рівнянням:

$$q_2 = \frac{(I_{yx} - \alpha_{yx} \cdot I_{\partial.n}^O)(100 - q_4)}{Q_H^P}, \quad (2)$$

де I_{yx} – ентальпія димових газів рівна 376,4 ккал/м³;

I_{∂} – ентальпія повітря, необхідного для горіння, при температурі його надходження в котел (кДж / кг);

Q_H^P – нижча теплота згоряння сухої маси газоподібного палива, кДж\м³

α_{yx} – надлишок повітря перед димотягою, визначається за формулою:

$$\alpha_{yx} = \alpha_m + \sum \Delta \alpha_i \quad (3)$$

де $\Delta \alpha_i$ – присоси повітря в окремих поверхнях нагріву;

i – індекс поверхні нагріву по ходу димових газів;

Всі серії котлів, що розглядаються призначені для роботи в режимах, при яких виключається можливість конденсації водяної пари, яка міститься в продуктах згоряння. Згідно технічних паспортів – температура продуктів згоряння за котлом не повинна знижуватися за відмітку $T_{yx} = 140$ °C[12].

Якщо перейти на роботу в конденсаційному режимі, шляхом улаштування відповідного теплоутилізатора, то це дасть великий приріст ККД котла з відповідним зниженням питомої витрати палива. Подібні пропозиції розглядалися в минулому сторіччі і навіть була розроблена спеціальна програма для реалізації цих пропозицій, але в силу різних причин вона не була здійснена в повній мірі. Цей захід принципово не зменшує питому генерацію оксидів азоту та вуглецю, але зменшує їх валовий викид через зменшення питомої витрати палива. Крім того, за рахунок абсорбції сконденсованою вологою цих оксидів зменшується і питомий їх викид в атмосферу. Однак, при розчиненні і в сконденсованій воді ці оксиди надають їй кислотний характер [13]. Не вирішена досі проблема простого і дешевого засобу нейтралізації слабо кислотного конденсату, що є сумішшю слабких кислот з подальшою нейтралізацією солей та їх утилізацію, що утворюються при нейтралізації конденсату, затримує розвиток цього напрямку [14] для котлів середньої і великої потужності.

Відомо, що кількість оксидів азоту залежить від надлишку повітря, тобто



від кількості азоту, що потупає в топку котла, в дуттєвому повітрі. Відтак очевидно, що зменшення присосів призведе до подвійного ефекту – зменшення q_2 та зменшення генерованих оксидів азоту через зменшення кількості вільного азоту N_2 в середині котла. Зменшення присосів технічно можна здійснити зменшенням відкритих технологічних отворів або їх герметизації і створенням газощільних екранів та заміною обмурування котла на більш щільне. Це добре відомі і розроблені заходи, що не потребують якихось нових складних досліджень.

Заміна обмурування на сучасні конструкції з сучасних матеріалів дає не тільки ефект ущільнення та кардинальне зменшення присосів, але і зменшує теплові втрати в навколишнє середовище q_5 , що веде до збільшення ККД, а відтоді і до зменшення питомих витрат палива котлом відповідно, викидів.

Втрати q_3 залежить від організації та регулювання процесу спалювання. Оптимізація процесів спалювання визначається якістю пальників, правильністю їх розташування в топці і довершеністю систем автоматизації, а також газового обладнання пальників [15].

Сучасні пальники всіх провідних виробників (Weishaupt, Pillard, Ray, Elco, Olion, E&M Ingeniring) гарантовано підтримують генерацію оксидів азоту на рівні 100 мг/м^3 і навіть 60 мг/м^3 (за спеціальним замовленням). Це досягається ступінчатою подачею палива та дуттєвого повітря, організацією внутрішньої рециркуляції (так званого «метелика»), додаванням димових газів в зону горіння [16].

Вважаючи на нестабільні, нестационарні режими роботи водогрійних котлів у системах централізованого теплопостачання, що пов'язано з різко змінним протягом доби навантаженням на гаряче водопостачання, зміну навантаження на опалення та вентиляцію як протягом опалювального сезону так і протягом доби (день-ніч, сонячний день – похмурий день) наявність пальника з низькою емісією NO_x [17] ще не гарантує низької емісії котла. Необхідно щоб газове обладнання було в змозі відпрацювати необхідні різкі зміни витрати газу відповідно до зміни навантаження з високою точністю, тобто щоб воно відповідало європейському стандарту EN676 [18]. Згідно цього стандарту до складу комплексу газового обладнання пальників різної потужності повинні входити в обов'язковому порядку деякі газові прилади. Їх перелік залежить від потужності пальника. Для потужних пальників це такі прилади:



- фільтр;
- регулятор тиску;
- два запобіжні клапани (для більшого та меншого тиску) ;
- прилад автоматичного контролю герметичності клапанів;
- регулятор витрати газу;
- відповідні контрольно-вимірювальні прилади;

Для пальників середньої та малої потужності деякі елементи можуть бути заблоковані, наприклад запобіжні клапани можуть бути заблоковані в один подвійний електромагнітний клапан.

Комплект пальника Low - NO_x з відповідною газовою рампою повинен забезпечувати точне підтримання співвідношення між витратою газу і необхідною кількістю дуттєвого повітря в залежності від складу газу. Якщо не дотримуватися цієї вимоги, то можливе надмірне генерування оксидів СО при недостатній кількості дуттєвого повітря та зростання втрати q_3 від хімічного недопалу з відповідними зниженням ККД і зростанням питомої витрати газу і зрештою, зростанням валових викидів NO_x та СО. Якщо дуттєвого повітря буде надано багато, то в топці зменшиться температура, що може призвести до зростання СО і з'явиться велика кількість зайвого, баластного, азоту N_2 , що призведе до генерування великої кількості NO_x , а також збільшиться втрата q_2 в тепловому балансі [19]. Це потягне зниження ККД і збільшення шкідливих викидів як це показано на рис.1.

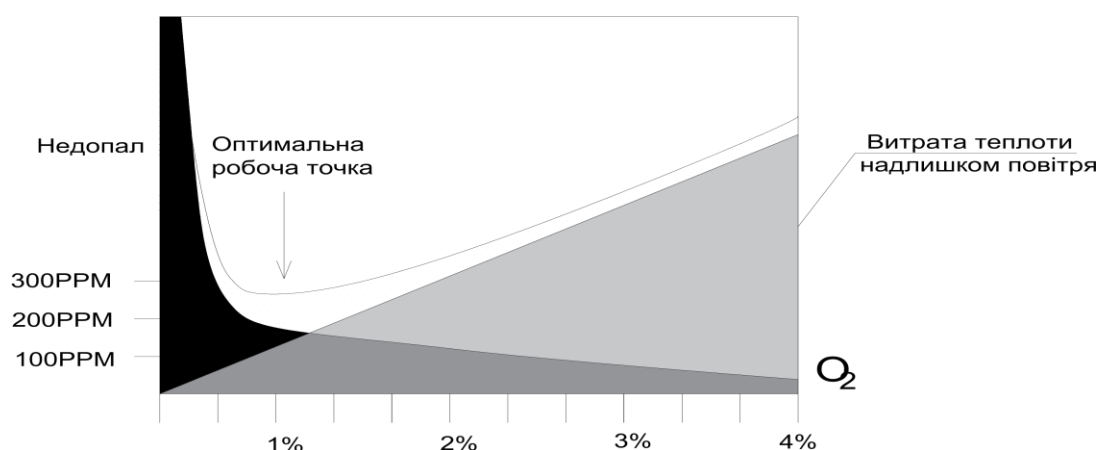


Рис. 1. Діаграма ефективності процесу горіння

Для того, щоб уникнути цих небажаних явищ, необхідно котел з пальником і газовою рампою облаштовувати точною та швидкодіючою



системою автоматичного регулювання процесу горіння, яка зможе відпрацювати різкі зміни навантажень і складу газу.

Дуттєве повітря теж має нестабільний склад. В залежності від погоди може змінюватися його відносна вологість та атмосферний тиск, що веде за собою зміни парціального тиску кисню, який знаходиться у складі повітря, а отже і до зміни в співвідношенні витрати газу та витрати дуттєвого повітря, тобто зміни коефіцієнта надлишку повітря. Те саме стосується і зміни температури повітря.

Склад газу також може змінюватися в певних межах що, в принципі, також вимагає зміни надлишку повітря. Це означає, що система автоматики котла повинна постійно слідкувати за оптимізацією коефіцієнта надлишку дуттєвого повітря і постійно підправляти витрату дуттєвого повітря. Для цього дуттєвий вентилятор оснащується частотним регулятором. Розміри [20] і відповідно вага робочих органів вентиляторів для пальників потужністю від 15 МВт і вище стають вже надто інерційними для швидкої зміни витрати повітря, тому число обертів в них регулюється уповільнено, виступаючи в ролі першого ступеню регулювання, а більш точне регулювання здійснюється перед самим пальником регулюємим шиббером з сервоприводом або направляючим апаратом. Така конфігурація системи дозволяє досягти високої точності регулювання співвідношення витрати газу та дуттєвого повітря у всьому діапазоні навантажень котла з урахуванням можливих змін у складі газу та дуттєвого повітря. Відповідно це дозволяє мінімізувати генерування шкідливостей. Однак, при реалізації такої конфігурації системи управління процесом спалювання газу (більш широко – любого органічного палива) виникає проблема вибору параметрів, за якими необхідно вести процес регулювання співвідношення витрати газу та дуттєвого повітря в оптимальному з точки зору мінімізації шкідливих викидів.

До недавнього часу регулювання коефіцієнта надлишку повітря, а саме його величина визначає співвідношення витрати газу та дуттєвого повітря, велося за співвідношення тисків газу та дуттєвого повітря перед пальниками, яке визначається під час пуско-налагоджувальних робіт та еколого-теплотехнічних випробувань [21] і оформлювалось у відповідних графах режимної карти котла для деякого набору навантажень (звичайно 4...5 навантажень) в межах робочого діапазону котла по навантаженню. Однак цей достатньо простий в технологічній реалізації метод не забезпечує необхідної точності регулювання. Похибка регулювання може складати 12 % і більше [22].



При цьому в процесі експлуатації котла похибка зростає через те, що в процесі експлуатації забруднюються поверхні нагріву, що призводить до зростання аеродинамічного опору котла, а це ніяк не відображається в режимній карті.

В результаті реально необхідний тиск дуттєвого повітря буде більший за той, який вказаний в режимній карті, що призводить до збільшення похибки в регулюванні залишків палива, а далі до збільшення генерування шкідливостей при спалюванні газу [23]. До того цей метод не дає змоги реагувати на зміни в складі повітря та дуттєвого повітря. Через ці причини від таких систем регулювання почали відмовлятися на користь систем, які в якості параметрів регулювання використовують концентрації оксидів вуглецю CO та вільного кисню O₂ у складі продуктів згоряння за котлом [24]. Для побудови таких систем використовуються комбіновані давачі, які одночасно вимірюють вміст в димових газах і O₂ і CO. Основним сигналом для управління процесом вважається сигналом по вмісту CO, бо цей сигнал сильніший і формується швидше.

Існуючі в дійсний час давачі концентрації кисню та оксиду вуглецю достатньо надійні та точні та мають високу швидкість дії для того, щоб на їх базі побудувати точні і надійні інформаційно-вимірювальні комплекси. Наявність можливості отримувати надійно і швидко точну інформацію про зміни в складі продуктів згоряння за котлом концентрації кисню та оксиду вуглецю дозволяє побудувати такі алгоритми управління процесів в топках котлів, які не тільки можуть підтримувати мінімальні витрати палива у всьому діапазоні навантажень, але й мінімізувати генерування NO_x [25].

Однак метод регулювання процесу горіння в топці котла за показами давачів вмісту кисню та оксиду вуглецю має і одне обмеження, можна сказати ваду. Наявність в продуктах згоряння зайвої кількості CO або O₂, або відсутність O₂ однозначно вказує на неякісне регулювання процесу горіння в топковій камері і завданням системи автоматичного управління є виправлення процесу. Згідно алгоритмам управління систем автоматичного управління виведе вміст CO та O₂ в необхідну точку. Цей процес сьогодні відпрацьований і не є складним при наявності в котлі одного пальника. Якщо пальників два або більше, з'являється деяка невизначеність, бо неможливо одночасно визначити, як працює кожен з пальників, який з них виходить за рамки режимної карти, оскільки топочна камера одна і продукти згоряння від факелу кожного з пальників змішуються в камері. Досягти абсолютної синхронності в роботі



пальників неможливо але регулювати їх роботу все одно приходиться паралельно. В результаті точність регулювання знижується. Чим більше в топочній камері пальників, тим більше знижується точність регулювання.

Є спроби вирішення цієї проблеми через вимірювання інтенсивності випромінювання факела кожного пальника [26]. За задумкою авторів постійний моніторинг факелу кожного пальника дасть змогу регулювати запальний процес в топці котла без зупинки останнього. В ході досліджень при пробній експлуатації системи зясувалось, що зміни в роботі одного пальника, або його відключення, призводять до зміни випромінювання сусідніх пальників, що вимагає попередньої складної тарировки всієї системи.

Таким чином, цей метод знаходиться поки що у початковому стані і не може бути рекомендована до практичного застосування. Звідси витікає, що при розробці проектів модернізації водогрійних котлів необхідно якомога зменшувати кількість пальників водогрійних котлів. Звісно звести кількість пальників для найбільш потужних пальників до одного можливості не буде, бо виготовити пальник потужністю 120 МВт можливо, але влаштувати його в котел ПТВМ-100 не вийде. Тим не менше потрібно при розробленні проектів модернізації водогрійних котлів приймати такі технічні рішення, які б дозволяли зменшувати їх кількість хоча б до двох. В цьому випадку можливо регулювання процесів горіння для кожного пальника окремо використовуючи той факт, що для теплових мереж з водогрійними котлами великої потужності характерною є велика теплова інерційність. Вважаючи на це, регулювання кожного пальника можливо виконувати окремо, по черзі і загальне регулювання процесів горіння в топці котлів проводити наступним чином. Як тільки інформація від датчиків CO та O_2 покаже, що вміст одного з компонентів відхилиться від оптимального значення (вийшов за межі оптимального діапазону) один пальник відключається і в цей час інформаційно-вимірювальна система проводить моніторинг викидів. Якщо є відхилення контролер вмикає відповідний алгоритм для виправлення ситуації.

Далі такі самі операції виконуються з іншим пальником. При стабільній якості газу та параметрах дуттєвого повітря така процедура може бути необхідною достатньо рідко. Літом в міжопалювальний сезон може раз за все літо, а в опалювальний сезон – раз на місяць. Частіше ця процедура може бути необхідною на початку і в кінці опалювального сезону. Оскільки вона проводиться автоматично, для експлуатації вона не буде представляти



складності. Принципово таким чином можна регулювати топочні процеси і з більшою кількістю пальників, але це стає все більш складніше з кожним новим пальником. При тих потужностях та геометричних розмірах, які мають водогрійні котли опалювальних котелень систем централізованого теплопостачання майже всі вони можуть доведені до конструктиву з мінімальною кількістю пальників. Фактично мінімізувати кількість пальників в першу чергу необхідно для котлів серії ПТВМ, бо вони мають велику кількість пальників малої потужності. Досвід модернізації котлів серії ПТВМ зі зменшенням кількості пальників відомий. Наприклад, в місті Шверін (ФНР, раніше територія НДР) на котлі ПТВМ-50 фірма RAY (ФНР) встановили два пальники по 30 МВт на фронтальній стінці в два яруси один під одним, замість штатних дванадцяти пальників по 6 штук на протилежних бокових стінках [27]. В містах Ростоку та Дрездені (ФНР) на котлі ПТВМ-100 встановили на фронтальній стінці 6 пальників фірми SAASCHE (Німеччина) в два яруси по 3 пальники по 20 МВт кожний, замість штатних 16 пальників по 8 на протилежних бокових стінках [28].

В місті Таллін (Естонія) на котлі ПТВМ-100 встановлено 4 пальники фірми Hamwarsy (Великобританія) по 2 пальника на бокових стінках потужністю 30МВт кожен [18]. Пальники встановлені з нахилом факелу в сторону поду топки, при тому на різних рівнях. Так само виконана реконструкція котла ПТВМ-100 в місті Софія (Болгарія), але пальники використані фірми Oilon (Фінляндія)[20].

В місті Секешфехервар (Угорщина) модернізовані два котли ПТВМ-30. В одному випадку замість 6 штатних пальників по три на протилежних бокових стінках улаштовані 3 пальники фірми Weishaupt (ФНР) в поду котла по його діагоналі, а в іншому котлі штатні пальники замінені на один фірми SAASCHE, також розташованому в ходу. Нарешті в місці Вінниця за проектом авторів модернізовано котел ПТВМ-30 з влаштуванням двох пальників фірми SAASCHE в поду котла [30, 31].

Всі наведені приклади стосуються модернізації котлів серії ПТВМ через прийнятого для них проектного розміщення пальників із зустрічним розвитком факелів і в результаті формування в центрі топкової камери зони підвищеної температури, де генеруються оксиди азоту. Температурне поле в топочних камерах котлів цих серій формувалось ще з однією вадою – под топки був холодним.



Таким чином рішення фірми RAY, Hamworcy, Oilon і авторів статті і в деякій мірі SAACKE, були направлені не тільки на ліквідацію зони з високою температурою на рівні вісей розташування пальників, але й на підвищення температури в зоні топкової камери над подом. Іноді при реконструкції водогрійного котла з наявністю в топці зони з високою температурою через невелике розміщення пальників не було змоги зменшувати викиди до європейського норматива шляхом заміни пальників на пальники Low - NO_x навіть при їх невеликій кількості. Наприклад, при модернізації пікових котлів KBGM-100 на ТЕС в м. Рига (Латвія) замість трьох пальників PGMГ прийшлося влаштовувати чотири пальники фірми TODD (США) [32], бо вони були розташовані на фронті котла надто близько один до одного і високотемпературну зону прийшлося розтягувати збільшенням кількості пальників.

Наведені приклади реконструкції котлів серій ПТВМ та KBGM були виконані на початку двохтисячних років, коли країни пострадянського простору та Східної Європи після вступу до ЕС повинні були привести свої теплогенеруючі потужності до стандартів ЕС, діючих в той час, а саме 150 мг/м³ NO_x та CO.

Після 2005 року, коли стандарт по викидах став більш жорстким, а саме: 100 мг/м³ NO_x та CO, пальники на цих котлах не міняли, а улаштовували рециркуляцію димових газів в топку, чим і досягли необхідних стандартів, хоча при цьому трохи втратили енергоефективність через зменшення ККД, що підтвердило результати раніше проведених досліджень [9]. Достатньо проста технічна реалізація цього метода призвела до того, що відомий виробник водогрійних котлів – Дорогобудзький котельний завод навіть анонсував виробництво спеціального пальника під організацію рециркуляції димових газів[33].

Таким чином, проста заміна пальників на більш досконалі типу Low - NO_x не завжди може привести до зменшення генерування NO_x до бажаного мінімуму. Для досягнення максимального ефекту необхідно враховувати форму топкової камери і оптимізувати місце розташування пальника (пальників) в ній. Цій проблемі свого часу було присвоєно багато робіт і результати цих робіт узагальнені в [35]. Однак ці роботи стосувались великих енергетичних парових котлів.

Спеціально дослідженнями в напрямку пошуку теоретичних засад



генерування шкідливостей в процесі горіння органічних палив займався Інститут гагу НАНУ протягом довгого часу, зокрема генерування оксидів азоту [8]. Результати цих досліджень узагальнені в монографії [36]. В найбільш широкому розумінні теоретичні основи отриманих результатів можна сформулювати наступним чином – кількість генерованих в топці оксидів азоту залежить від співвідношення швидкості горіння палива і інтенсивності теплосприйняття поверхнями нагріву, бо зі зростанням інтенсивності теплосприйняття зменшується час реагування азота з киснем, який, в основному, обумовлюється періодом зниження температури факелу [37, 38]. Базуючись на цьому теоретичному положенні необхідно розробляти проекти модернізації водогрійних котлів з метою покращення їх екологічних характеристик і підвищення енергоефективності.

Зокрема, при модернізації котлів екранні поверхні необхідно переводити в мембранні [14] для збільшення теплосприйняття топки, тобто доводити кутовий коефіцієнт екрана до максимального значення – 1.

Підвищення об'ємної теплової напруги топки Q_v також може сприяти зменшенню виходів оксидів азоту, але при модернізації котлів це вже зробити досить важко. Тут можемо запропонувати два шляхи: розвивати комбіновані поверхні нагріву на виході з топок – ширми та фестони [38]; поділяти об'єми топок котлів великих потужностей на окремі менші об'єми двосвітними екранами [39].

Пропозиції відносно додавання додаткових комбінованих поверхонь нагріву (ширина фестонів) сьогодні реалізується виробниками водотрубних водогрійних котлів, а щодо улаштування додаткових двосвітних екранів інформація відсутня [33], хоча проектні пропозиції з улаштування водогрійних водотрубних котлів з топками, розділеними на окремі відсіки двосвітними екранами з розташуванням пальників в кожному відсіку в своді або в поду показало велику перспективу подібної конструкції [34].

Особливу увагу при виборі пальників і їх налагодженні необхідно приділяти аеродинаміці факелу, зокрема ступеню крутки. При порівнянні в лабораторних дослідженнях факелів прямоточних та вихрових пальників [36] були отримані дані щодо рівня температури в факелах, які вони формують. Результати дослідження показали, що температури в ядрі прямоточних факелів з малим ступенем крутки нижче, ніж у факела з великим ступенем крутки (1300 °C для прямоточного факелу проти 1500 °C для факелу з великим ступенем крутки)



[36], як показано на рис. 2, що веде зменшення викидів NO_x .

Дослідження авторів статті на котлі ПТВМ-30, модернізованого шляхом заміни штатних пальників на два пальники більшої потужності в поду, в процесі його налагоджень показали, що при таких ступенях крутки, які досягались фіксацією лопаток пальника у вертикальному положенні (фактично без відхилення), генерування оксидів азоту було менше, ніж при великих ступенях крутки, що досягались шляхом фіксації лопаток у положенні крайнього відхилення - 45° (рис. 3).

Слід відмітити, що при розташуванні пальників на бокових стінках топки або на фронтальній більшій крутці примушує вибирати існуючий розмір топки через можливість перегріву протилежного екрану внаслідок торкання його факелом. Саме через це автори проектів модернізації котлів ПТВМ-100 в Талліні та Софії нахиляли пальники в бік поду топки. Для запобігання цього негативного явища бажано перед розробленням проекту модернізації котла виконати розрахункове моделювання температурного поля в топці при різних способах розміщення пальників на різній крутці факелу [40].

Для водогрійних котлів характерною є нестабільність навантажень, що утруднює вибір ступеню крутки. Виходом з цього є допрацювання конструкції пальників для можливості замінювати положення направляючих лопаток без зупинки пальника [41], що дасть змогу регулювати ступінь крутки в залежності від навантаження на котел.

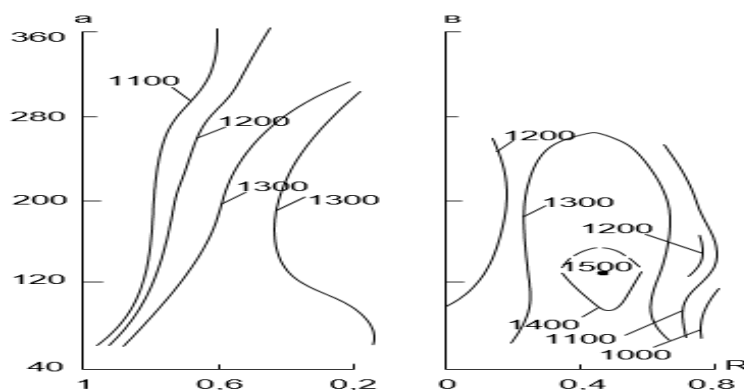


Рис. 2. Ізотерми в прямому (а) та закрученому (в) потоці

Набагато простіше все виглядає при аналізі котлів малої і середньої потужності. Виключивши із розгляду котли серії НІСТу, НРЧ та інші подібні котли, які все ще подекуди експлуатуються, через їх низьку енергоефективність, всі інші можна розділити на три категорії: котли з одним



пальником; котли з декількома пальниками; котли з подовими пальниками (ТВГ та КВГ).

Для котлів з одним пальником здебільшого проблема підвищення екологічної досконалості може вирішуватись заміною пальника. При цьому деякі виробники спеціально під експлуатуємі на пострадянському просторі котли підготували спеціальні пальники. Такі фірми як Veishaupt [42] та SAASCHE [43] навіть узгодили такі конструкції з заводами-виробниками котлів. Вони мають багатий досвід заміни пальників на експлуатуємих котлах. Автори мають позитивний досвід заміни пальників на котлі «Факел» на пальник фірми Giersch[ФРН].

Якщо мова іде про два пальники, то це в першу чергу парові котли серії ДКВР, переведені в водогрійний режим. Для цих теж підготовлені відповідні технічні рішення – від фірми Veishaupt це пальники серії «Sweirl». Автори мають позитивний досвід щодо заміни штатних пальників ГМГ на котлі ДКВР – 4 на пальники фірми Giersch.

Окремо стоять котли серії ТВГ та КВГ. В цих котлах реалізований напрями розвитку котлів з двосвітними екранами, але пальники в них подові [44]. Оскільки вони проектувалися в ті часи, коли екологічні вимоги до котлів були набагато м'якшими, ніж сьогодні, то наразі вони потребують модернізації. Спроби оснастити їх вентиляційними вихровими пальниками різних виробників не дали результатів, які можна було б тиражувати надалі. Це якраз той випадок, коли пряма заміна пальника не узгоджується з геометрією топки. Дослідження реальних характеристик цих котлів та аналіз процесів в них показав, що вони мають конструктивні вади, які не дають змоги досягти вимог діючих екологічних нормативів. Розподіл дуттєвого повітря в цих котлах організований через загальну камеру під подом котла, перекриту перфорованим металевим листом. В результаті в процесі експлуатації з'являються перекоси в витраті повітря по довжині окремих топкових камер, через що в зоні біля задньої стінки спостерігається хімічний недопал з відкладенням сажі на поверхнях екранів. Відповідно зростає вміст СО в димових газах і падає ККД через зростання втрати q_3 в тепловому балансі. Другою вадою конструкції є розміщення колектору фронтального екрану в середині топки на середині її висоти. При використанні подових пальників над колектором з'являється зона аеродинамічної тіні з нестачею дуттєвого повітря з тими ж наслідками, що описані для зони біля задньої стінки топки. Конструктивно вади



виправляються достатньо легко, конструкція трубної частини поверхонь нагріву не потребує реконструкції.

Виконання подових пальників у вигляді перфорованої труби призводить до їх частих замін. Для підвищення надійності роботи котла пальники можна виконати у вигляді мікродифузійних з використанням металевго войлоку [45] або спеціальної металевої сітчастої конструкції [46]. Пальники працюють під наддувом та відносяться до класу Premix. Діапазон регулювання цих котлів лежить між 30...100 % потужності. Якщо використати сьогоденні досягнення в техніці газового обладнання пальників та контролерів і алгоритмів автоматичного управління пальниками, то можна організувати роботу котлів на одному відсіку топки котлів, на двох і нарешті на всіх трьох при номінальних навантаженнях.

Для всіх типів котлів можливо використання організації спеціальних режимів роботи зі знизеними надлишками повітря в топці з тим, щоб остаточне окислення вуглецю до його двоокису CO_2 закінчилося вже на виході з топки і навіть на початковій ділянці конвективної частини [47]. Бажані результати цей підхід дає тільки при глибокій автоматизації управління процесів в топці.

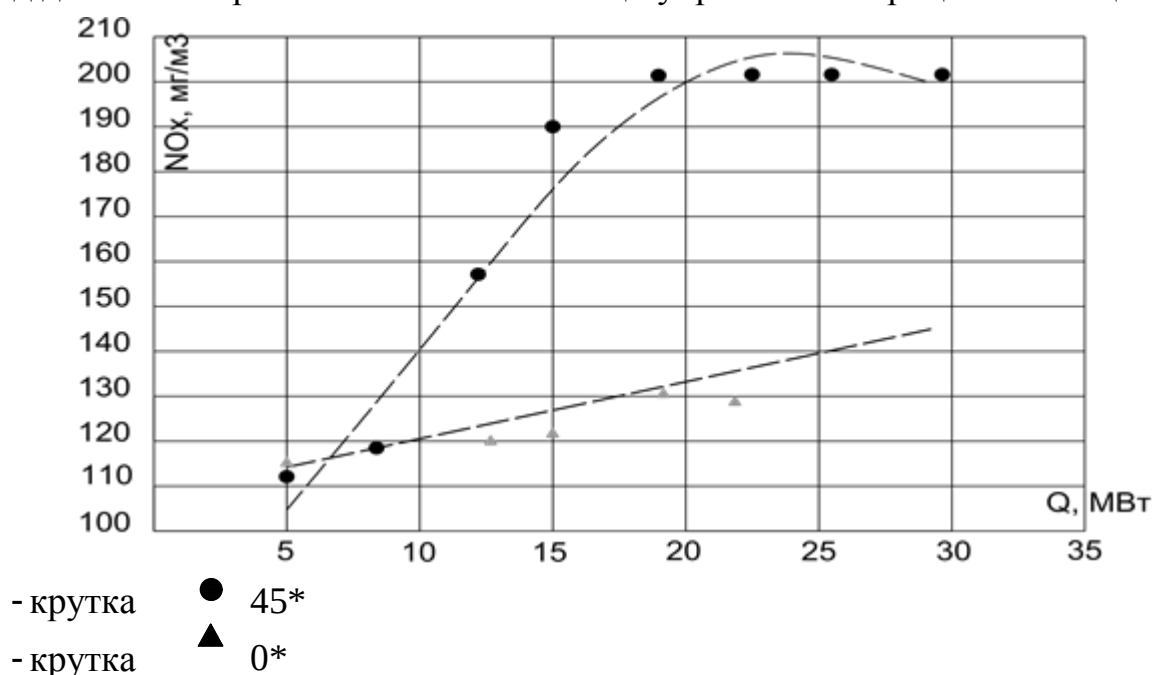


Рис. 3. Залежність концентрації оксидів азоту від потужності при різноманітних крутках

Свого часу розробився метод виплиску води в топку в кількості 1,5...2 % в залежності від потужності котла з метою знизення генерування NO_x [48], але цей радикальний метод більше підходить до спалювання мазуту. При такій



схемі регулювання діапазон регулювання котла може бути розширений до меж 5 % ...100 % потужності.

Висновки.

Таким чином, позитивний досвід, що має місце в інших країнах і в Україні, показує, що водогрійних котлах великої потужності серій КВГМ та ПТВМ можливо модернізувати з досягненням стандартів з викидів NO_x та CO .

Перша заміна штатних пальників та сучасні пальники Low - NO_x не завжди призводить до бажаних результатів.

Для досягнення високих екологічних показників необхідно проводити комплекс заходів:

- зменшувати кількість пальників;
- збільшувати площу поверхонь нагріву на топці;
- використовувати сучасні системи автоматизації регулювання топочних процесів;
- модернізувати пальники для зміни ступеня крутки факелу в залежності від навантаження котла;
- по можливості пальники розташовувати в поду, або в своді топок;

Розробленню проекту модернізації котла повинно передувати математичне моделювання температурного поля топки при різних конфігураціях розташування пальників на різних навантаженнях котла.

**KAPITEL 4 / CHAPTER 4.****ECO-ENERGY EFFICIENCY AND ENERGY MANAGEMENT BASED ON
THE USE OF INFORMATION TECHNOLOGY****ЭКОЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ И ЭНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТ НА ОСНОВЕ
ПРИМЕНЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ****DOI: 10.30888/978-3-9821783-0-1.2020-01-01-067****Введение.**

Проблемы определения комплекса действий системы энергоменеджмента требуют решений, прежде всего, в части содержания мероприятий по формированию данной системы. Однако в рамках существующей методологии не уделяется должного внимания вопросам экоэнергетического управления, методологии и методам формирования деятельности по экоэнергосбережению. В данной работе сделана попытка проанализировать состояние экоэнергоменеджмента в части его методологической основы и наличия системных интеллектуальных инструментов управления экоэнерготехнологиями и их развитием.

Предложены возможные пути оптимизации экоэнергоменеджмента с использованием математических методов, компьютерной техники и информационных технологий.

Основная часть**2.1. Анализ существующих методологий формирования систем энергетического менеджмента**

В настоящее время существуют следующие методологии формирования системы энергетического менеджмента промышленных предприятий, а именно, методологии:

- Закона Украины «Об энергосбережении» [1];
- по серии стандартов ДСТУ ISO 9001 [2];
- по стандарту ДСТУ ISO 14001 [3];
- по программе EMAS III [4];
- по стандарту ISO 50001: 2011 [5].

Таким образом, возникает проблема неоднозначности при выборе соответствующей методологии для дальнейшей разработки метода и средств формирования системы энергетического менеджмента.

Теоретические проблемы формирования действенной системы энергетического менеджмента исследовали сотрудники Института



энергосбережения и энергетического менеджмента НТУ КПИ Праховник А. В. с соавторами [6, 7], Розен В. П. с соавторами [8], Бориченко А. В. [9], Давыденко В. А. [10], Ячников Е. А. [11], Шовкалюк Н. Н. [12]. Поскольку основное внимание в исследованиях уделялось разработке конкретных вопросов теории и практики энергетического менеджмента, без внимания остался вопрос выбора эффективной методологии формирования системы энергетического менеджмента. Решение проблемы облегчается тем, что методологии формирования систем менеджмента по ДСТУ ISO 14001, ISO 50001 и по программе EMAS II базируются на методологии стандарта ДСТУ ISO 9001. Поэтому возникает задача сравнительного анализа эффективности методологии ДСТУ ISO 9001 и методологии Закона Украины «Об энергосбережении».

Прежде всего, возникает вопрос о содержании деятельности по *формированию* системы энергетического менеджмента согласно указанным методологиям.

В методологии Закона Украины «Об энергосбережении» четко определен показатель деятельности по рациональному использованию энергоресурсов [1]:

«Нормы удельных расходов топлива и энергии - регламентированная величина удельных расходов топливно-энергетических ресурсов для данного производства, процесса, данной продукции, работы, услуги».

Этот показатель вводится в статье 20. Нормы и нормативы расходов топливно-энергетических ресурсов [1]:

«Нормы и нормативы расходов топливно-энергетических ресурсов в обязательном порядке включаются в энергетические паспорта оборудования, режимные карты, технологические инструкции и инструкции по эксплуатации, а также в технические условия и паспорта на все виды машин и механизмов, потребляющих топливно-энергетические ресурсы. На период до введения в действие систем энергетических стандартов допускается применение прогрессивных норм и нормативов расходов топливно-энергетических ресурсов. Порядок установления норм удельных расходов топлива и энергии определяется Кабинетом Министров Украины. Контроль за соблюдением нормативов расходов топливно-энергетических ресурсов осуществляется уполномоченным на то Кабинетом Министров Украины органом».

Алгоритм формирования норм удельных расходов и их реализации в соответствии с Законом предусматривает:



- разработку проекта показателей норм удельного потребления специализированной организацией путем проведения энергетического аудита (статья 24-1 Закона);
- согласование этого проекта норм с государственным органом;
- введение их на предприятии путем издания соответствующего приказа;
- государственный контроль за соблюдением установленных норм удельного энергопотребления (статья 20);
- экономическую ответственность за несоблюдение норм удельного потребления (статьи 11 и 17 Закона);
- экономическое стимулирование мероприятий по энергосбережению (статья 16);
- внедрение системы менеджмента энергосбережения (статья 24-1).

Таким образом, определяется содержание методологии формирования государственного управления и регулирования данной сферы деятельности.

К сожалению, в этой методологии менеджменту энергосбережения отводится второстепенная роль. Он определяется как [1]:

«Менеджмент по энергосбережению - система управления, направленная на обеспечение рационального использования потребителями топливно-энергетических ресурсов». Его введение связано с энергетическим аудитом (статья 24-1 Закона) [1]:

«Энергетический аудит проводится с целью: – определения путей рационального использования топливно-энергетических ресурсов, избегания необоснованных расходов на проведение энергосберегающих мероприятий;

– осуществления энергосберегающих мероприятий и внедрение менеджмента по энергосбережению;

– установления обоснованных объемов потребления топливно-энергетических ресурсов;

– определения соответствия фактических удельных расходов топливно-энергетических ресурсов нормам удельных расходов, установленным в порядке, определяемом Кабинетом Министров Украины;

– предоставления выводов относительно эффективности использования топливно-энергетических ресурсов в случае распространения на этих потребителей действия экономического механизма энергосбережения.

Порядок проведения энергетического аудита устанавливается законом».

То есть, формирование системы менеджмента энергосбережения



осуществляется на этапе реализации энергосберегающих мероприятий и является одним из таких мероприятий.

К сожалению, в Законе никоим образом не определена методология формирования и деятельности системы менеджмента энергосбережения. Использование термина «менеджмент» указывает на возможности формирования системы энергетического менеджмента по методологии общей теории менеджмента, как это предложено в работе [6].

В [13] показано, что деятельность по управлению энергетической эффективностью может быть организована в форме решения определенных организационных задач. Для формулировки этих организационных задач предлагается деятельность системы менеджмента энергосбережения описывать логическим балансным соотношением [13]:

$$П \Leftrightarrow X \quad (1)$$

где $П$ – матрица, каждый член которой соответствует требованию к характеристике для определенного энергетического процесса по использованию соответствующего энергетического ресурса;

X – матрица, каждый член которой соответствует характеристике для определенного энергетического процесса по использованию соответствующего энергетического ресурса;

$\Leftrightarrow$ – знак "больше", "меньше" или "равно".

Причем, этим соотношением описывается деятельность по организации как процессов энергетической деятельности, так и организационная деятельность самой системы энергетического менеджмента (СЭМ).

Таким образом, деятельность СЭМ связана с решением следующих организационных задач:

1. Установкой состава, содержания и значений элементов матрицы $П$;
2. Определением путем мониторинга значений элементов матрицы X ;
3. Реализацией логического отношения (1).

Деятельность решению первой организационной задачи связана с необходимостью определения *политики* реализации процесса, установление для достижения этой политики соответствующих *целей* деятельности, которые, в свою очередь, обеспечивают установление соответствующих *требований* к реализации процессов (формируется матрица $П$).

Решение второй организационной задачи предусматривает реализацию *мониторинга* характеристик процессов энергетической деятельности и



деятельности самой СЭМ.

Третья организационная задача является задачей реализации *цикла* менеджмента согласно пункт 8.1 [14], а именно реализации функций:

«8.1 учет и отчетность, контроль, анализ, регулирование (корректирующие действия), планирования, нормирования, организации».

Исходя из содержания сформулированных выше организационных задач СЭМ, возникает возможность представления в общей форме методологии формирования и решения организационной задачи СЭМ, как задачи обеспечения *соответствия* текущего значения характеристик энерготехнологического процесса, требованиям к этим характеристикам, с реализацией принципа постоянного улучшения требований к этим характеристикам в будущем. Именно таким образом сформирована методология по стандартам серии ISO 9001.

Методология управления качеством по стандарту ДСТУ ISO 9001: 2001, 2015 предусматривает управление качеством, которая определяется как [2]:

3.1.1 качество (quality), это степень соответствия совокупности собственных характеристик (3.5.1) требованиям к этим характеристикам (3.1.2);

3.1.2 требование (requirement) сформулированные потребность или ожидание, общепонятные или обязательные;

... 3.5.1 характеристика (characteristic) отличительное свойство;

3.5.2 характеристика качества (quality characteristic) собственная характеристика (3.5.1) продукции (3.4.2), процесса (3.4.1) или системы (3.2.1), связанная с требованием (3.1.2) ».

Следует учесть, что целью внедрения систем управления качеством является повышение конкурентной способности предприятия.

Таким образом, методологии Закона Украины «Об энергосбережении» и стандартов серии ISO 9001 преследуют совершенно разные цели деятельности:

- Законом Украины «Об энергосбережении» вводится механизм государственного регулирования и управления этой сферой деятельности;
- стандартами серии ISO 9001 вводится добровольный механизм получения конкурентных преимуществ.

Основой реализации деятельности по методологии ISO 9001: 2001 [15] является понятие «цикла менеджмента». Содержание цикла менеджмента дает ответ на вопрос, что делать? К сожалению, в этой методологии отсутствует ответ на вопрос, как это сделать?



Для анализа эффективности решения задачи обеспечения эффективного использования энергоресурсов на основе указанных методологий необходимо, прежде всего, установить соотношение *продолжительности* решения соответствующих задач для каждой из методологий.

Определяющим в этом случае является период времени в форме продолжительности цикла анализа полученного результата X .

Для методологии Закона Украины «Об энергосбережении» продолжительность цикла анализа результатов деятельности в форме энергетического аудита (энергетического обследования) устанавливается в ДСТУ 4714: 2007 кратной году.

Работы по построению топливно-энергетических балансов надо проводить с периодичностью, указанной в ГОСТ 2804: 94. Для *текущих* балансов срок составления определяется до одного года, а именно, балансы могут быть квартальными, месячными и меньшей продолжительности.

Для решения задач управления энергетической эффективностью в 2011 году на основе методологии серии стандартов ISO 9001 был введен стандарт ISO 50001: 2011 Системы энергетического менеджмента [5].

По ISO 50001: 2011 продолжительность цикла анализа результатов деятельности в форме энергетического аудита не устанавливается. Однако для энергозначимых процессов устанавливается требование их *постоянного* мониторинга.

Поэтому, из двух рассмотренных методологий эффективнее методология, для которой *продолжительность* цикла анализа результатов деятельности является *минимальной*, то есть методология по ISO 50001: 2011.

Для рассмотренных методологий время продолжительности цикла формирования проекта будущего результата в форме требований Π вообще не определяется.

С другой стороны, для методологии по ДСТУ ISO 9001: 2001, 2015 и по ISO 50001: 2011 вводится принцип *добровольности* формирования системы менеджмента.

Деятельность по решению организационной задачи обеспечения соответствия $\Pi = X$ может быть представлена моделью, которая изображена на рис. 1.

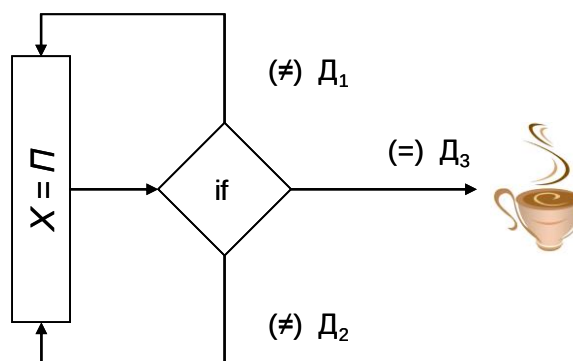


Рис. 1. Модель организационной деятельности по обеспечению реализации отношения $P = X$

Эта модель является справедливой для всех названных выше методологий. В случае, когда полученный результат не соответствует установленному проекту P , возникает потребность в обеспечении такого соответствия. Организационная деятельность как раз и состоит в том, чтобы обеспечить соответствие (равенство) конкретных характеристик результата X их проекту P для определенного момента времени.

Принципиально возможны следующие пути обеспечения такого соответствия:

- путем изменения способа или средства получения конкретного результата деятельности X (D_2)
- путем изменения состава и / или содержания показателей проекта будущего результата P (D_1).

В том случае, когда реализуется отношение $P = X$, деятельность не предвидится.

Символически это изображается чашкой кофе. Несколько неожиданным является результат анализа этой формы деятельности – критерием *эффективности ее реализации* является количество выпитых чашек кофе! Парадоксально, но это факт. Но это возможно только при условии сформированности всех элементов данной модели организационной деятельности.

В рассмотренных методологиях основой являются организационные задачи по формированию проекта будущего результата P и анализа характеристик полученного результата X .

Деятельность по обеспечению их соответствия является интегрирующей. Распределение организационной деятельности на четко определенные задачи



делает возможным ответ на вопрос, *как их решать?* Причем, следует различать задачи для определенных жизненных циклов.

Для частичного (текущего) жизненного цикла *первичной* является деятельность по определению показателей характеристик полученного результата. Поэтому определяющими для ее организации будут методы и средства именно решение этой задачи. Выше нами было показано, что реализация этой задачи требует минимального срока ее реализации. Кардинально это требование может быть реализовано с применением современных средств автоматизации, например, автоматизированных систем контроля и учета энергоресурсов.

В то же время, следует помнить о существовании еще двух задач, а именно:

- задачи формирования проекта будущего результата (*II*);
- задачи обеспечения *соответствия* полученного результата установленному для него проекту.

Решение задачи соответствия характеристик эффективности процессов энергетической деятельности возможно на основе средств решения задачи анализа уровня соответствия в ручном режиме, а также с введением дополнительных средств анализа, формирования корректирующих действий и их реализации до их полной автоматизации или автоматического управления.

К сожалению, рассмотренные средства не пригодны для решения задачи по формированию проекта будущего результата.

Следует заметить, что эта деятельность должна обеспечить его определения на *как можно* больший промежуток времени. Для этого применяются различные методы прогнозирования. То есть, решение этой задачи составляет основу синтеза проекта будущего результата (*II*).

С другой стороны, деятельность по анализу полученного результата (в форме характеристик процесса *X*) объективно должна реализовываться за *наименьший* период времени.

2.2. Разработка архитектуры информационной модели деятельности для интеллектуальной системы поддержки решений при управлении энергосбережением организаций

На рисунке 2 приведена архитектура модели смысловой деятельности по формированию проекта будущего результата деятельности на основе закономерностей смыслового мышления для интеллектуальной системы



компьютерной поддержки решений при управлении энергосбережением организаций [16].

Система диалогового управления по М. И. Мельцеру относится к интеллектуальным системам компьютерной поддержки принятия решений, которые управляются ресурсной модели F^{Δ} [17].

Предложенная архитектура информационной модели деятельности для интеллектуальной системы компьютерной поддержки решений при управлении энергосбережением организаций является дальнейшим развитием именно этой управляющей модели. Поэтому в дальнейшем эту модель будем рассматривать именно как управляющую модель для интеллектуальных систем компьютерной поддержки решений, которые управляются моделью (Model - Driven DSS).

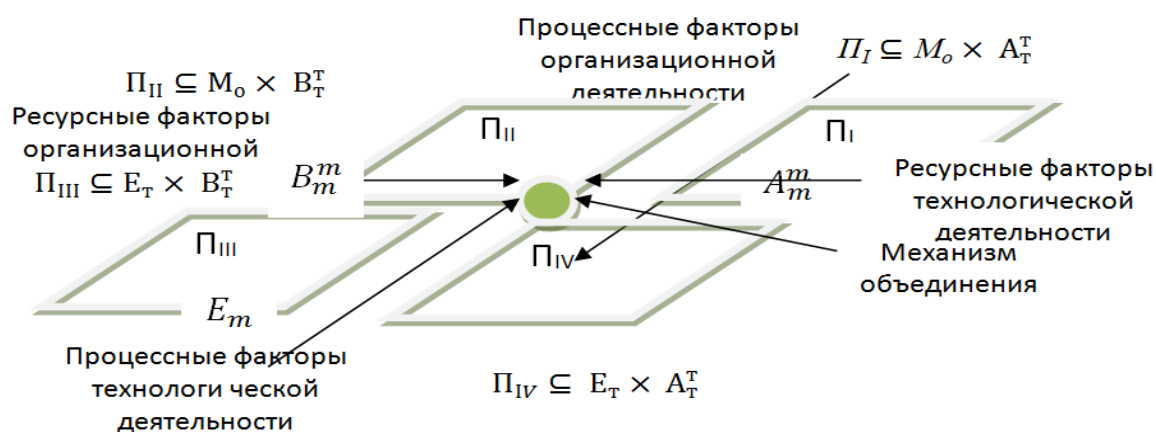


Рис. 2. Архитектура информационной модели деятельности для интеллектуальной системы компьютерной поддержки решений при управлении энергосбережением организаций

В этой архитектуре модели каждому процессному фактору в соответствие ставится два набора (множества) ресурсных факторов, а именно, ресурсных факторов организационной и технологической деятельности (формируются две полуплоскости).

Таким образом, формируется общая плоскость процессно-ресурсных факторов деятельности организации.

Элементы на полуплоскости технологической деятельности в форме определенных технологических процессов, определяются следующими декартовыми произведениями:

$$P_{IV} \subseteq E_T \times A_T^T \quad (\text{см. Рис. 2}); \quad (2)$$



$$\Pi_{III} \subseteq E_T \times B_T^T \text{ (см. Рис. 2).} \quad (3)$$

Элементы на полуплоскости организационной деятельности, в форме определенных методологий организационной деятельности, определяются следующими декартовыми произведениями:

$$\Pi_I \subseteq M_o \times A_T^T \text{ (см. Рис. 2);} \quad (4)$$

$$\Pi_{II} \subseteq M_o \times B_T^T \text{ (см. Рис. 2).} \quad (5)$$

Следует обратить внимание на следующее обстоятельство. Плоскость процессно-ресурсных факторов (рис. 2) содержит в себе элементы соответствующих декартовых произведений. С другой стороны, традиционная плоскость с декартовыми координатами является местом отображения результатов решения соответствующих задач. Каждая точка построенного в этих координатах графика является результатом решения задачи.

При этом, как будет доказано ниже, что существует единый алгоритм последовательности формирования всех элементов каждой из определенных матриц (решений соответствующих элементарных задач), то есть, может быть разработана соответствующая информационная технология информационной модели деятельности на основе закономерностей смыслового мышления.

Следует также отметить следующие особенности сложившейся архитектуры информационной модели деятельности:

- в этой модели знаний в явной форме отсутствует фактор времени;
- в этой модели знаний в явной форме отсутствуют элементы цикла управления (измерение, анализ, корректирующие действия);
- данное представление архитектуры модели деятельности организации дает полное информационное описание всех связанных процессных и ресурсных факторов без классификации их по функциональному назначению и соотношением со структурой (архитектурой организации).

В архитектуре модели смысловой деятельности (рис. 2) принцип иерархичности применяется при формировании кортежей элементов:

- процессных факторов организационной деятельности M_o (определяется иерархия применения методологий управления);
- процессных факторов технологической деятельности E_m (определяется иерархия процессов использования энергетических ресурсов);
- ресурсных факторов организационной деятельности B_m^m (определяется



иерархия применения организационных ресурсов).

В предложенном подходе принцип иерархичности вводится также для выделения уровней познания свойств целостной смысловой деятельности.

Кроме признака иерархии построения моделей, для каждой из них нами вводится признак «интеграция». Под интеграцией мы понимаем *диалектическое* сочетание в моделях архитектуры знаний факторов, характерных для внутренней деятельности предприятия и факторов, характерных для внешних условий его деятельности.

Для модели архитектуры знаний (рис. 2) под интеграцией мы понимаем диалектическое сочетание ресурсных и процессных факторов.

2.3. Интеллектуальная информационная технология синтеза информационной модели деятельности

Предложенный метод декомпозиции смысловой деятельности организации предполагает, прежде всего, установление соотношения между формами процессных факторов. Эти соотношения рассматриваются не зависящими от времени. Соотношение между процессными и ресурсными факторами функциональное, оно носит характер причинно-следственных отношений.

Информационная технология формирования состава и содержания элементов информационной модели деятельности в целом содержит восемь этапов.

Этап 1. На первом этапе определяется состав и содержание процессных факторов технологической деятельности по использованию энергоресурсов [19].

В состав процессных факторов технологической деятельности по использованию энергоресурсов (аспектов деятельности) включены значимые энергетические аспекты, которые являются элементами множества E_m (рис. 2):

- закупка и производство энергоресурсов ($E_{зак}$);
- поставка энергоресурсов ($E_{пост}$);
- хранение ($E_{хр}$);
- преобразования ($E_{преоб}$);
- потребление ($E_{потр}$);
- потери ($E_{пот}$).

В свою очередь, каждый из внутренних элементов определенных множеств определяется объединением двух множеств ресурсных факторов B_T^T и A_T^T . Например, для процесса закупки энергоресурсов, технологическая деятельность



(процессный фактор технологической деятельности $E_{зак}$) реализуется путем привлечения ресурсных факторов организационной деятельности $B_{зак}^T$, и ресурсных факторов технологической деятельности $A_{зак}^T$:

$$E_{зак} \subseteq B_{зак}^T \supset A_{зак}^T. \quad (6)$$

Аналогичным образом определяется состав всех внутренних элементов множества E_m .

Этап 2. На этом этапе для определенных процессных факторов технологической деятельности определяют информацию по составу и содержанию процессных факторов организационной деятельности. К ним могут быть отнесены следующие методологии:

- формирования соответствующей деятельности по нормативно-правовым актам государства (межгосударственных объединений);
- формирования соответствующей деятельности по нормативно-правовым актам международных организаций (объединений);
- формирования соответствующей деятельности по внутренним нормативно-правовым актам организации (предприятия).

Из этого перечня определяют методологию (или их совокупность), которая предполагается для внедрения. Например, для деятельности по обеспечению эффективного использования энергоресурсов к таким методологиям относятся (процессные факторы организационной деятельности) элементы множества M_o :

- управления (энергетический менеджмент по ГОСТ 4472: 2005, ДСТУ 4715: 2007 ($M_{ДСТУ\text{ мен.}}$));
- управления качеством по ДСТУ ISO 9001: 2009, управления окружающей средой по ДСТУ ISO 14001: 2006) (M_{iso90});
- энергетический менеджмент по ISO 50001: 2011 (M_{iso50});
- энергетический менеджмент по EN 16001: 2009 (M_{iso16});
- регулирования (методология Закона Украины Об энергосбережении) ($M_{зак}$);
- контроля (энергетический аудит ДСТУ 4713: 2005, аудит СЭМ ДСТУ 5077: 2008) ($M_{ДСТУ\ ауд}$);
- наблюдения (топливно-энергетический баланс ДСТУ 4714: 2007) ($M_{тб}$);
- отсутствие наблюдения ($M_{он}$).

Организационная деятельность (процессный фактор организационной деятельности, например, для методологии по Закону Украины. Об



энергосбережении $M_{зак}$), реализуется путем привлечения ресурсных факторов организационной деятельности $B_{зак}^T$, и ресурсных факторов технологической деятельности $A_{зак}^T$:

$$M_{зак} \subseteq B_{зак}^o \supset A_{зак}^o. \quad (7)$$

Аналогичным образом определяется состав всех внутренних элементов множеств M_o .

Форма каждого из процессных факторов организационной деятельности отражает методологию ее реализации. Такие формы, как: управление, регулирование (методология закона Украины Об энергосбережении), контроля (энергетический аудит по ГОСТ 4713: 2007), отражают организационную деятельность на основе реализации соответствующих функций (функциональный подход). Недостатком такого подхода является неоднозначность определения информационного содержания функций.

Формирование состава и содержания каждого из определенных факторов выполняется с применением «скрытых» факторов.

Этап 3. На третьем этапе осуществляется определение состава и содержания ресурсных факторов организационной деятельности B_T^T .

Множеству B_T^T ресурсных факторов организационной деятельности следует отнести элементы множества (рис.2):

- миссию, политику деятельности B_m ;
- стратегию деятельности B_c ;
- цели деятельности B_u ;
- задачи деятельности B_z ;
- показатели деятельности $B_{пок}$.

В стандарте EN 16001: 2009 в состав ресурсных факторов (ресурсов) организационной деятельности отнесены: политика (миссия), цели деятельности, задачи деятельности, показатели деятельности. К этим элементам привлечем еще и элемент «стратегия», поскольку именно этот ресурсный фактор организационной деятельности в общей форме для всей сферы экономики государства формирует цель деятельности.

В ДСТУ 4472: 2005 пункт 6.1 установлены требования к энергосберегающей политике:

«Энергосберегающая политика должна устанавливать цели, задачи, основные положения, ответственность за реализацию ее положений в



производственной системе».

Согласно стандарту ДСТУ ISO 9001: 2009:

«П. 3.2.4 политика в области качества (quality policy) это общие намерения и направленность организации, связанные с качеством, официально сформулированные высшим руководством».

Согласно ДСТУ ISO 50001: 2014:

«4.3 Энергетическая политика

Энергетическая политика должна указывать на приверженность организации к достижению улучшения энергетических характеристик. Высшее руководство должно определить энергетическую политику и обеспечить, чтобы она:

- подходила к характеру и масштабам использования и потребления энергии организацией;
- включала в себя обязательства по постоянному улучшению энергетической эффективности;
- включала в себя обязательства по обеспечению доступности информации и необходимых ресурсов для достижения поставленных целей и задач;
- включала в себя обязательство соответствовать действующим правовым требованиям и другим требованиям, которые организация обязалась выполнять и которые относятся к ее процессам использования энергии, потребления и эффективности;
- обеспечивала основу для постановки и пересмотра энергетических целей и задач;
- поддерживала приобретение энергоэффективных продуктов и услуг, и дизайна для повышения производительности энергии;
- была документально оформлена и доказана на всех уровнях организации;
- регулярно пересматривалась и обновлялась по мере необходимости».

Согласно EN 16001: 2009, п. 3.2: «Энергетическая политика

Высшее руководство должно установить, внедрить и поддерживать энергетическую политику организации. Данная энергетическая политика должна декларировать приверженность и обязательства организации по достижению лучших энергопоказателей. Высшее руководство должно обеспечивать, чтобы энергетическая политика:

- определяла область применения и пределы системы энергетического менеджмента;



- отвечала природе и масштабу, а также влиянию на использование энергии организацией;
- содержала обязательства по непрерывному улучшению энергоэффективности;
- включала обязательства по обеспечению доступности информации и всех необходимых ресурсов для достижения целей и задач;
- предоставляла порядок постановки и анализа энергетических целей и задач;
- включала обязательства по соответствию всем применимым требованиям, установленным законодательно или принятым на себя организацией в добровольном порядке, по ее энергетическим аспектам;
- была документирована, внедрена, поддерживалась и была обсуждена со всеми лицами, работающими от имени организации;
- регулярно анализировалась и обновлялась;
- была в публичном доступе».

К сожалению, определение политики по ГОСТ 4472: 2005 не соответствует выше приведенному определению политики по ISO 9000: 2007.

Для государственного управления стратегией (стратегической целью) должны быть применены положения Энергетической стратегии Украины, а именно:

Основными задачами и направлениями реализации энергетической стратегии являются:

«1. Формирование целостной и действенной системы управления и регулирования в топливно-энергетическом секторе, развитие конкурентных отношений на рынках энергоносителей.

2. Создание предпосылок для коренного уменьшения энергоемкости отечественной продукции за счет внедрения новых технологий, прогрессивных стандартов, современных систем контроля, управления и учета на всех этапах производства, транспортировки и потребления энергетических продуктов; развитие рыночных механизмов стимулирования энергосбережения во всех отраслях экономики».

Для систем энергетического менеджмента организаций стратегией должна быть организация ее деятельности на основе принципа самоорганизации.

Для энерготехнологического процесса стратегией должна быть организация его реализации по принципу обеспечения соответствия



фактических показателей установленным требованиям.

На основе этих стратегий формируются цели организационной деятельности СЭМ.

Предлагается формулировать стратегии деятельности СЕМ в форме основных направлений ее деятельности (по формам объектов деятельности):

- обеспечение определенного уровня эффективности организации (реализации) энерготехнологической деятельности предприятия;
- обеспечение определенного уровня эффективности деятельности СЕМ как субъекта самоорганизации.

Для реализации определенных стратегий необходимо сформулировать соответствующие цели деятельности, а именно:

- определить состав и содержание показателей эффективности самоорганизации или энерготехнологической деятельности;
- определить и периодически корректировать состав и содержание требований к показателям эффективности самоорганизации или энерготехнологической деятельности;
- выполнять их сопоставление с установленной периодичностью для обеспечения их соответствия.

Для обеспечения реализации установленных целей деятельности необходимо определить основные организационные задачи, решение которых обеспечит реализацию поставленных целей. Так, для достижения первой цели для самоорганизации деятельности СЕМ, необходимо решение следующих задач:

- обоснование состава и содержания избранного процессного фактора организационной деятельности (методологии ее деятельности) и определения показателя его эффективности;
- обоснование состава и содержания необходимых процессных факторов технологической деятельности для самоорганизации деятельности СЕМ, которая реализует выбранную методологию деятельности, с определением показателей их эффективности;
- обоснование состава и содержания необходимых ресурсных факторов организационной и технологической деятельности для самоорганизации деятельности СЭМ с определением показателей их эффективности.

Аналогичным образом определяются содержание задач, которые необходимо решить для всех определенных целей деятельности.



Приведенный алгоритм разработки политики, стратегии, целей и задач деятельности СЭМ (как самоорганизации так и энерготехнологической) обеспечивает формирование элементов архитектуры информационной модели смысловой деятельности по обеспечению эффективного использования энергоресурсов.

Этап 4. На этом этапе определяется состав и содержание ресурсных факторов технологической деятельности A_m^m .

В множество A_m^m ресурсных факторов технологической деятельности следует включить производственные факторы в форме элементов множества, а именно (рис. 1):

- финансовые активы A_ϕ ;
- материальные активы A_m ;
- не материальные активы A_{nm} ;
- персонал $A_{люди}$;
- энергетические ресурсы A_ε .

Этап 5. Начиная с пятого этапа осуществляется формирование элементов декартовых произведений для определенных пар множеств. Первыми формируются элементы в форме:

$$\Pi_{IV} \subseteq E_T \times A_T^r. \quad (8)$$

Каждый из элементов этого произведения по смыслу определяет содержание ресурсных факторов технологической деятельности, которые необходимо привлечь для реализации каждого из значимых аспектов энергетической деятельности.

Например, закупка энергетических ресурсов предусматривает определение видов энергоносителей, их стоимости, объемов закупки, условий оплаты за потребленные ресурсы, условий учета и тому подобное. Возникает вопрос, в какой форме представлять результаты формирования этих элементов?

Для представления содержания энергетических ресурсов, как элемента процессных факторов технологической деятельности могут быть применены различные формы, например, в форме отчета по энергетическому аудиту. Однако, предлагается в качестве формы для такого представления применять Энергетический паспорт предприятия в электронной форме, как документ Microsoft Excel.

На этом этапе уже возникает вопрос о форме интерфейса представления



модели смысловой деятельности. Оптимальным признан интерфейс на основе электронных таблиц, например, на основе документа Microsoft Excel.

Для представления содержания других элементов в отношении (1) могут быть использованы соответствующие отчетные формы, а также самостоятельно разработанные документы, которые могут быть легко интегрированы с соответствующими ячейками интерфейса на основе документа Microsoft Excel.

Этап 6. На этом этапе осуществляется формирование элементов декартова произведения в форме:

$$\Pi_I \subseteq M_o \times A_T^r. \quad (9)$$

Каждый из элементов этого произведения по смыслу определяет содержание ресурсных факторов технологической деятельности, которые необходимо привлечь для реализации каждой из методологий организации деятельности по эффективному использованию энергетических ресурсов.

Например, методология управления энергетической эффективностью по Закону Украины Об энергосбережении требует для своей реализации соответствующих ресурсных факторов технологической деятельности. Прежде всего, это привлечение соответствующего персонала (энергоменеджеров, энергоаудиторов), который организуется в службу энергетического менеджмента. Деятельность этой службы требует соответствующей регламентации. Эта регламентация приводится в форме соответствующего документа, который также может быть интегрирован с соответствующей ячейкой интерфейса на основе документа Microsoft Excel.

Для представления результатов анализа текущего состояния реализации СЭМ по соответствующей методологии могут быть применены формы отчета по аудиту СЭМ, например согласно [5].

Два следующих этапа предусматривают формирование управляющей модели с организационной точки зрения.

Этап 7. На этом этапе осуществляется формирование элементов декартова произведения в форме:

$$\Pi_{II} \subseteq M_o \times B_T^r. \quad (10)$$

Каждый из элементов этого произведения по смыслу определяет содержание ресурсных факторов организационной деятельности, которые введены в каждой из методологий организации деятельности по эффективному использованию энергетических ресурсов.



Например, методология управления энергетической эффективностью по закону Украины «Об энергосбережении» [3] определяет политику, стратегию, цели, задачи и показатели деятельности по управлению энергетической эффективностью использования энергоресурсов. Поскольку ресурсные факторы организационной деятельности определены в соответствующих документах, возникает возможность интеграции соответствующих частей этих документов с соответствующими ячейками интерфейса на основе документа Microsoft Excel.

Именно на основе анализа содержания ресурсных факторов организационной деятельности возможно избрание оптимальной методологии формирования СЭМ. Завершение этого этапа оформляется в форме положения о Службе энергетического менеджмента.

Этап 8. На этом этапе осуществляется формирование элементов декартова произведения в форме:

$$\Pi_{III} \subseteq E_T \times B_T^T \quad (11)$$

Каждый из элементов этого произведения по смыслу определяет содержание ресурсных факторов организационной деятельности, которые необходимо применять при реализации каждого из определенных значимых аспектов энергетической деятельности. Именно на этом этапе осуществляется решения практических задач по определению состава и содержания конкретных требований к показателям эффективности реализации каждого из определенных аспектов энергетической деятельности.

С другой стороны, уже формирование политики (как первого элемента из кортежа ресурсных факторов организационной деятельности) имеет фундаментальное значение.

Так формирование политики по закупке энергетических ресурсов требует своего обоснования. В условиях рыночных отношений рынка электрической энергии в форме концепции двусторонних договоров и балансирующего рынка установления взаимовыгодных отношений между генерирующей компанией и квалифицированным потребителем требует своего теоретического обоснования.

Следует обратить внимание на следующее обстоятельство. Рассмотренный алгоритм формирования элементов модели информационного факторного процессно-ресурсного представления деятельности организации является универсальным относительно объекта. В данной работе такими объектами являются процессные факторы технологической деятельности в форме



значимых энергетических аспектов, то есть процессов по использованию энергии и энергоносителей.

Аналогичным образом могут быть построены управляющие модели для организации, как естественной интеллектуальной системы, относительно следующих ресурсов: финансовых, материальных, нематериальных ресурсов, персонала и т.д.; и факторов (показателей, характеристик): качества, окружающей среды, безопасности и тому подобное.

Конечно, содержание определенных процедур будет соответствовать конкретному ресурсу (фактору), но их состав будет идентичным описанному!

2.4. Разработка архитектуры интерфейса информационной модели деятельности

Архитектура модели для факторного процессно-ресурсного представления информационной модели деятельности по обеспечению эффективного использования ТЭР позволяет представить эту деятельность в форме проекта будущего результата, который описан в координатах:

- процессных факторов технологической и организационной деятельности;
- ресурсных факторов технологической и организационной деятельности;
- факторов времени.

Выбор подходящего процессного фактора организационной деятельности определяет методологию формирования и деятельности СЭМ.

Формирование данной модели знаний для факторной процессно-ресурсной информационной модели деятельности осуществляется в форме последовательных этапов (см. 2.3).

Следует также отметить, что в предложенной информационной модели деятельности предусмотрено формирование стратегии, политики, целей и задач деятельности для каждого из процессных факторов. Таким образом, модель для факторного процессно-ресурсного представления информационной модели деятельности позволяет формировать политику энергосбережения, программу энергосбережения и программу энергоменеджмента как внутренние элементы модели функционального представления системы компьютерной поддержки решений при управлении энергосбережением.

Реализация модели деятельности с помощью электронных таблиц Microsoft Office Excel обеспечивает включение в состав модели элементов знаний в форме документов Microsoft Office Excel, Microsoft Office Word и других форматов через соответствующие ссылки из ячеек, которые связаны с



этими элементами.

Согласно [19, с. 177]: «Структура электронной таблицы - это естественный механизм для реализации тех типов прикладных задач (например, анализа финансовой деятельности), при решении которых пользователи знакомы с содержанием таблицы.

Электронная таблица обычно объединяется в интегрированный пакет со средствами простой иллюстративной машинной графики и системой управления файлами. Все элементы интегрированной системы согласованы между собой и легко передают друг другу данные. В системе, которая рассматривается различные структуры диалога разработаны на базе структуры типа вопрос - ответ, чтобы отразить различные требования к вводу данных и таким образом использовать особенности аппаратуры (для которой назначен пакет), чтобы снизить до минимума усилия при вводе данных.

Гибкость, которая заложена в рассматриваемой смешанной структуре учитывает разный уровень подготовки пользователей таким образом, что неподготовленный пользователь может с успехом работать с меню, а подготовленный пользователь - выполнять необходимые действия, непосредственно вводя команду, которая дополнена ключами. Есть все основания реализовать подобные системы на любых компьютерах».

Таким образом, данное представление архитектуры интерфейса управляющей модели является представлением ее в форме информационной модели деятельности, в которой однозначно определено содержание всех ее элементов (элементарных задач).

Данная форма интерфейса является открытой для лица принимающего решения. В любой момент модель может быть наполнена актуальной информацией без всякого перепрограммирования. Данная модель также может быть применена для анализа соответствия нормативных документов, по которым реализуется соответствующая деятельность. Например, для выбранного ресурсного фактора организационной деятельности (цели деятельности) возможно сравнение его содержания для процессных факторов организационной деятельности.

2.5 Разработка архитектуры интерфейса интеллектуальной системы компьютерной поддержки решений

В модели системы энергетического менеджмента (рис. 3) организационно-функциональная часть системы основана на классическом цикле менеджмента



(Деминга - Шухарта) и предполагает последовательную реализацию следующих функций: планирование; учет; внутренний аудит; контроль; нормирование; анализ; принятие решения; корректирующие действия.

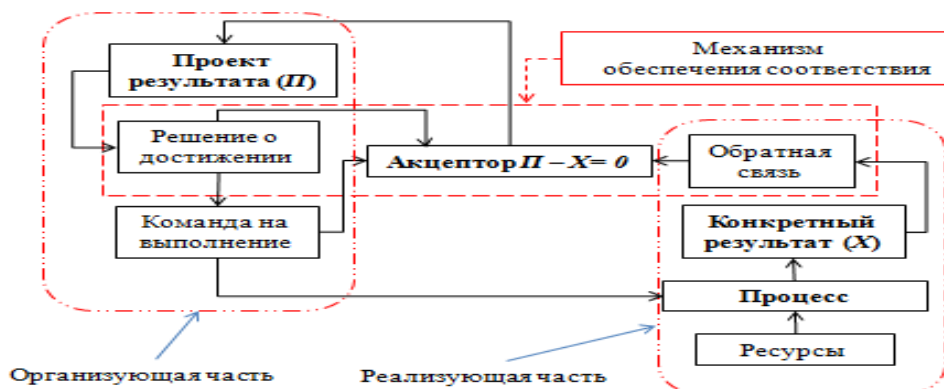


Рис. 3. Модель архитектуры функциональной системы по П.К. Анохину

В настоящее время существует значительное количество специализированных прикладных программных продуктов в форме автоматизированного рабочего места (АРМ) энергоменеджера и энергоаудитора. Практически все АРМ энергоменеджера обеспечивают реализацию в той или иной степени указанных выше функций.

Следует отметить, что СППР «HeatCAM», которая разработана в Сумском государственном университете, сформирована как система поддержки принятия решений при управлении теплоснабжением объектов социально-бюджетной сферы [20]. То есть, она относится к АСУ ТП.

Предложенная в [14] архитектура модели функционального представления смысловой деятельности организации по обеспечению эффективного использования энергетических ресурсов основана на архитектонике функциональной системы, предложенной П. К. Анохиным. В предложенной модели предусмотрено решение задач:

- формирование проекта будущего результата деятельности;
- принятие решения о его достижениях;
- деятельность по достижению запрограммированного результата;
- обеспечение соответствия полученного результата его проекта.

С другой стороны, для формирования архитектуры модели интеллектуальной системы компьютерной поддержки решений при управлении энергосбережением может быть в качестве основы принята функциональная структура решающим системы Δ слоя системы диалогового управления



производством с включением в ее состав объекта управления [17].

На рис. 4 приведена эта архитектура модели в перекомпонованном виде для облегчения выделения этапов обработки информации.

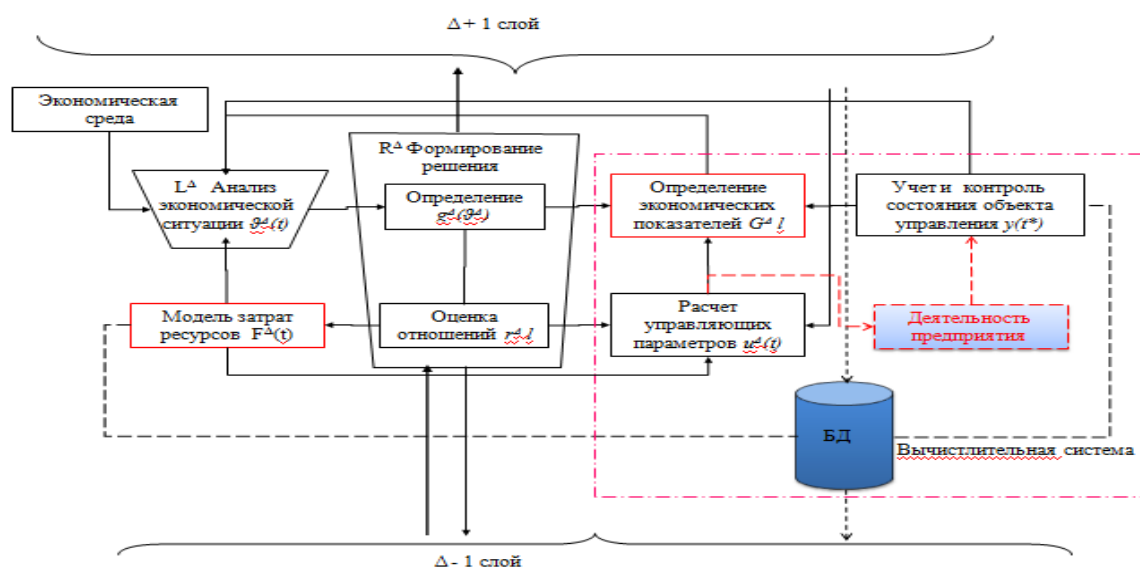


Рис. 4. Модель интеллектуальной системы компьютерной поддержки решений при управлении энергосбережением

Этот вариант архитектуры может быть применен при управлении энергосбережением на уровне технологических процессов (АСУ ТП).

Для этой модели достаточной является управляющая ресурсная модель F^4 . В том же случае, когда ставится задача управления эффективностью реализации других значимых энергетических аспектов кроме потребления энергетических ресурсов, необходимо управляющую модель формировать как информационную модель деятельности (см. рис. 2).

Таким образом, реализация деятельности по управлению энергосбережением для организации возможна при условии формирования двух определенных моделей. Эти модели связаны между собой диалектическое единство категорий «часть» и «целое». «Частью» является архитектура информационной модели деятельности, как управляющей модели, поскольку она обеспечивает управление всеми значимыми аспектами энергетической деятельности, а «целым» является модель функционального представления интеллектуальной системы компьютерной поддержки решений, поскольку она формируется как диалектически организованное целое.

На рисунке 5 приведена экранная форма архитектуры интерфейса



интеллектуальной системы компьютерной поддержки решений при управлении энергосбережением.

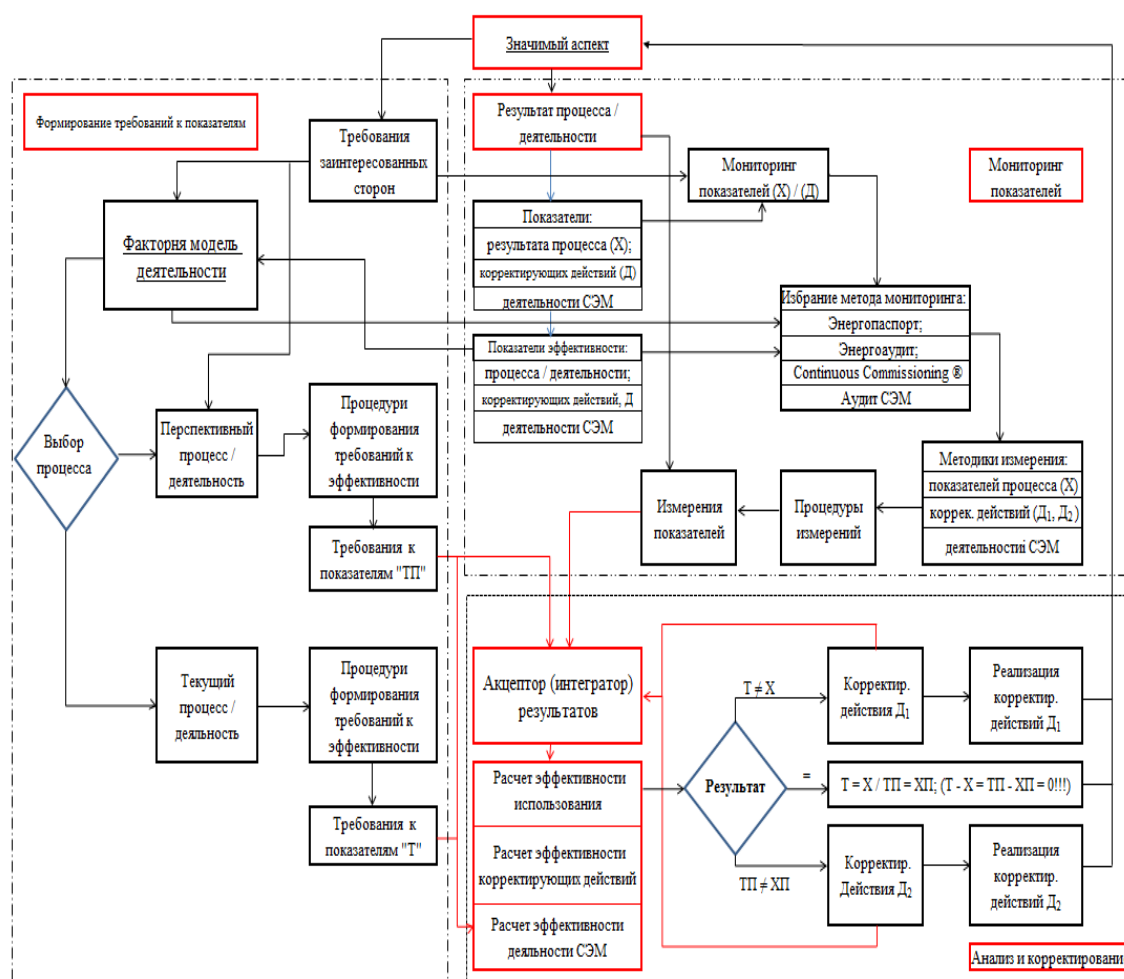


Рис. 5. Архитектура интерфейса интеллектуальной системы компьютерной поддержки решений

В предлагаемой модели выделены три блока деятельности. Блок формирования требований к показателям энергетической эффективности, эффективности корректирующих действий, эффективности деятельности по обеспечению рационального использования ТЭР, формирование которых реализуется на основе архитектуры модели знаний для факторного процессно-ресурсного представления смысловой деятельности (Т и ТП).

В данном блоке также выделены два типа энерготехнологических процессов:

- текущий процесс;
- перспективный процесс.

Блок мониторинга показателей энергетической эффективности для реализованных энерготехнологических процессов (X), эффективности



корректирующих действий Д1 и Д2 и показателей эффективности деятельности СЕМ;

Блок анализа и коррекции, обеспечивающий формирование корректирующих действий по обеспечению эффективности текущего процесса или деятельности (Д1) и перспективного процесса или деятельности (Д2).

В блоке «Мониторинг показателей» (рис. 5) предусмотрен элемент предварительного выбора методики мониторинга.

В настоящее время мониторинг осуществляется с использованием:

- методики энергоаудита промышленного предприятия;
- методики аудита системы энергетического менеджмента;
- концепции Continuous commissioning® [21].

Концепция Continuous commissioning® предусматривает непрерывный мониторинг значимых энергетических показателей. При реализации возможен режим автоматизированного диалогового управления энергоэффективностью.

Предлагается для целей мониторинга применить архитектуру информационной модели деятельности (см. рис. 2). Сравнение содержания соответствующих элементов этих моделей даст ответ на вопрос о степени их соответствия.

Важнейшим в данной модели является блок «Анализ и корректировка». Главной его особенностью является наличие элемента «Акцептор (интегратор результатов)». В отличие от существующих методов управления с использованием принципа обратной связи, в данном подходе реализован принцип анализа информации не только о полученном результате (Х), но и информации о принятом решении по необходимым показателям (В, ВП) и сформированному на его основе корректирующему воздействию (Д). В результате комплексного анализа данной информации делается вывод об эффективности:

- использование энергоресурсов;
- эффективности корректирующих действий;
- эффективности деятельности по обеспечению рационального использования энергоресурсов.

В архитектуре модели интеллектуальной системы компьютерной поддержки решений для деятельности по обеспечению эффективного использования энергоресурсов (рис. 5) также реализуются классические диалоги по анализу экономической ситуации в блоке «акцептор результатов» и



формирование управляющих воздействий в блоках «корректирующие действия Д1 или Д2».

При внедрении деятельности по управлению энергосбережением в действующей организации, как правило, ставится задача улучшения показателей энергоэффективности. По нашему мнению, первой должна быть решена задача непрерывного мониторинга значимых энерготехнологических процессов, как это предусмотрено в ДСТУ ISO 50001: 2014. На этом этапе решается задача изменения отношения заинтересованных лиц, в том числе и принимающих решения по данному вопросу, к этим процессам. Только после такого улучшения деятельности самих заинтересованных лиц возможна дальнейшая деятельность по повышению энергетической эффективности энерготехнологических процессов.

2.6 Информационное обеспечение интеллектуальной системы компьютерной поддержки решений

Общие требования к информационному обеспечению систем энергетического менеджмента, как автоматизированных систем установлены в ГОСТ 4472: 2005, подразделение 10.4. Важным требованием к информационному обеспечению интеллектуальной системы компьютерной поддержки решений является управление документооборотом. При этом, согласно ДСТУ 4472: 2005:

10.4.5 Информационное обеспечение СЭМ должно предусматривать управления документооборотом.

Управление документооборотом должно включать:

- документирование выполнения положений энергосберегающей политики и программы энергосбережения;
- документирование выполнения основных функций СЭМ;
- документирование ответственности персонала ВС и процедур управления;
- определение правил поиска смежной документации;
- документирование результатов мониторинга состояния СЭМ и т.д.

10.4.6 В производственной системе должна быть разработана методика управления документацией (электронным документооборотом).

10.4.7 Документация должна быть такой, чтобы ее можно было легко читать, идентифицировать, хранить в течение периода времени, установленного в соответствующих нормативных документах ВС. На каждом документе



должны быть проставлены даты разработки и просмотра. Должны быть разработаны инструкции по оформлению документов.

10.4.8 Уровень детализации документации должен быть достаточным, чтобы обеспечить необходимый анализ расходов ТЭР.

10.4.9 Информация, которая входит в документации СЭМ, должна быть понятной и такой, чтобы ее можно было проверить.

10.4.10 Информация, которую содержит документация, должна содержать данные о:

- производственной системе и ее подразделениях;
- технологических процессах;
- мониторинге СЭМ;
- НД и технических регламентах ПС;
- схемах энергоснабжения ПС и технологического оборудования;
- нормах удельных расходов ТЭР;
- инструкциях и правилах эксплуатации технологического оборудования;
- энергетических паспортах ВС;
- отчетах по ЭА и результатах их анализа руководством ПС;
- результатах контроля, поверки, калибровки и технического обслуживания средств измерительной техники;
- программах и результатах обучения персонала и т.д.

Модель информационного обеспечения интеллектуальной системы компьютерной поддержки решений, которая приведена на рис. 6, обеспечивает документирование информации на всех этапах внедрения системы.

Для элементов этой модели разработаны соответствующие формы рабочих документов. Модель информационного обеспечения интеллектуальной системы компьютерной поддержки решений также отвечает требованиям формирования рабочих документов. Для каждой ячейки этой модели возможно установление связи с соответствующим документом, или его частью.

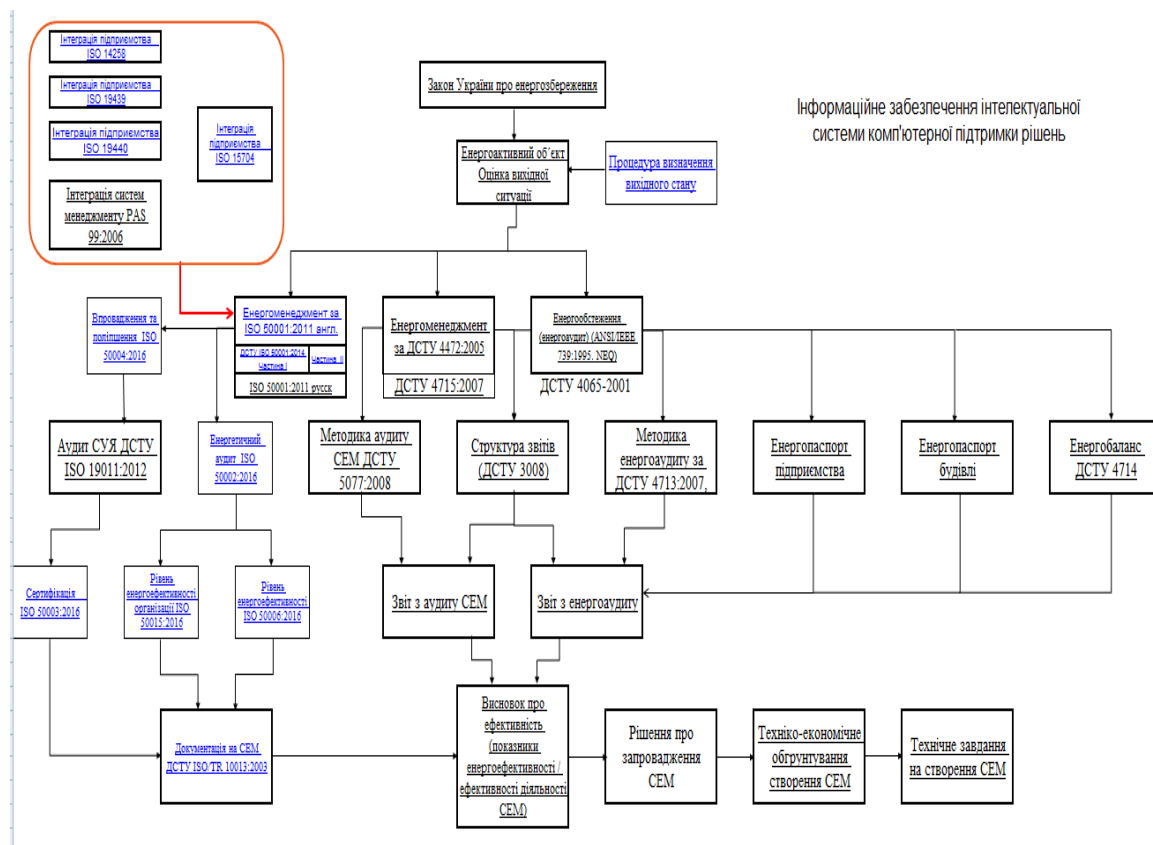


Рис. 6. Экранная форма интерфейса модели информационного обеспечения интеллектуальной системы компьютерной поддержки решений

Выводы

1. Таким образом, обоснован метод управления деятельностью по обеспечению эффективного использования энергоресурсов в форме многоуровневой взаимообусловлены, функционально и информационно взаимосвязанной иерархической системы компьютерной поддержки решений, применение которой обеспечивает повышение эффективности принятия управленческих решений.

2. В данной модели также предусмотрены два механизма обеспечения соответствия показателей эффективности:

- для текущих энерготехнологических процессов ($T = X$)
- для перспективных энерготехнологических процессов ($ВП = ХП$).

3. Данная система компьютерной поддержки решений позволяет реализовать все этапы своего жизненного цикла, начиная от этапа его формирования и заканчивая ее реформированием.

4. Фундаментальной особенностью данной модели является ее независимость от средств ее реализации. Она может быть реализована в форме



автоматизированного рабочего места специалиста по деятельности по управлению энергосбережением (энергомеджера), как это предусмотрено стандартом ДСТУ 4715: 2007.

5. Установлено, что задача управления энергетической эффективностью сводится к решению следующих организационных задач:

- установлением значений членов матрицы B ;
- определением с помощью мониторинга значений членов матрицы X ;
- реализацией логического отношения (2.1).

6. Эти организационные задачи соответствуют как методологии Закона Украины «Об энергосбережении», так и методологии стандартов ISO 9001: 2001 и ISO 50001: 2011.

7. Методологии Закона Украины «Об энергосбережении» и стандартов серии ISO 9000 сформированы для различных целей деятельности:

– Законом Украины «Об энергосбережении» вводится механизм государственного регулирования и управления сферой управления энергосбережением;

– стандартами серии ISO 9000: 2001 и стандарту ISO 50001: 2011 вводится добровольный механизм получения конкурентных преимуществ путем формирования системы энергетического менеджмента.

8. Из двух рассмотренных методологий эффективнее методология для которой продолжительность цикла анализа результатов деятельности, является минимальной, то есть методология по ISO 50001: 2011.

9. Критерием эффективности деятельности системы энергетического менеджмента является $\min$ времени продолжительности деятельности энергомеджера по обеспечению соответствия показателей энергетической эффективности установленным требованиям.

10. Перспективным направлением является дальнейшее развитие системы энергетического менеджмента по методологии стандарта ISO 50001: 2011.

11. Существующая методология формирования деятельности по управлению энергосбережением на основе стандарта ISO 50001: 2011 не позволяет сформировать ее как интеллектуальную систему компьютерной поддержки решений, действует в реальном масштабе времени. В этой методологии отсутствует требование формирования интеллектуальной системы компьютерной поддержки решений. Обоснована возможность формировать ее как интеллектуальной системы компьютерной поддержки решений на основе



информационной модели деятельности, которая формируется на основе закономерностей деятельности лица, принимающего решение.

12. Предложенная архитектура информационной модели деятельности является универсальной, обеспечивающей, с одной стороны, интеграцию всех аспектов энергетической деятельности, а с другой стороны, интеграцию всех аспектов организационной деятельности с определением для каждого из них необходимых технологических и организационных ресурсов.

13. В отличие от модели диалогового управления производством, которая формируется для известных производственных процессов, то есть, объект управления (его ресурсная модель) заранее известен, для информационной модели деятельности интеллектуальной системы компьютерной поддержки решений при управлении энергосбережением состав и содержание процессных, ресурсных факторов и факторов времени необходимо определить на этапе реализации ее деятельности.

14. Учет уровней комфортности тепловых режимов в энергоменеджменте при проектировании энергетических систем и помещений для пребывания людей позволяет оптимизировать энергозатраты.



KAPITEL 5 / CHAPTER 5.
ENVIRONMENTAL AND ECONOMIC ASPECTS OF THE FORMATION
OF SOLID WASTE MANAGEMENT

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ФОРМИРОВАНИЯ СФЕРЫ
ОБРАЩЕНИЯ С ТВЕРДЫМИ БЫТОВЫМИ ОТХОДАМИ

DOI: 10.30888/978-3-9821783-0-1.2020-01-01-068

Вступ.

На сьогодні екологічні та соціально-економічні темпи розвитку суспільства, зростання щільності міської забудови, підвищення рівня споживання побутових товарів сприяє швидкому зростанню кількості твердих побутових відходів. Проблема накопичення, видалення, переробки, знешкодження та захоронення твердих побутових відходів є однією з найбільш гострих для функціонування будь-якого населеного пункту. Найбільш інтенсивні темпи росту твердих побутових відходів у великих містах, де господарська діяльність людини найбільш сконцентрована і де на обмеженій території проживає значна кількість людей.

Велика кількість відходів створює технічні та економічні проблеми їх видалення та знешкодження, призводить до значних екологічних навантажень на навколишнє середовище та порушення містобудівних вимог. Наявність великої кількості технологічних прийомів поводження з твердими побутовими відходами ускладнює вибір найбільш ефективного набору заходів. Необхідно вибрати показники, що дозволяють провести порівняльну оцінку можливих варіантів і визначити серед них найбільш раціональний.

Практика показує, що основним способом знешкодження твердих побутових відходів у всіх країнах залишається захоронення на полігонах. Із зростанням міст полігони (звалища) швидко заповнюються, як правило, вони потрапляють в міську межу і надовго вибувають з активного землекористування. Виникає потреба в нових землях. Але висока щільність населення й інтенсивне використання приміських територій для будівництва житла ускладнює процес відведення нових земель під звалища. Стає актуальним завдання зниження кількості твердих побутових відходів, що направляються на захоронення.

Загальні методологічні питання планування та забудови території з їх законодавчою, нормативно-правовою та інструктивно-методичною деталізацією обґрунтували такі відомі вчені, як М.М. Габрель, М.М. Дьомін,



Г.І. Лаврик, Є.Є. Ключниченко. Значний внесок у розроблення питань еколого-економічних пріоритетів поводження з відходами, їх нормативно-методичного забезпечення внесли своїми працями Бройде З.С., Берлінг Р.З., Радовенчик В.М., Самойлік М., Голік Ю.С., Ілляш О.Є. Проблеми відходів присвячено праці таких зарубіжних фахівців, як Баєтс Б., Бурнлей С., Паул М та інші.

Основна частина.

Термін “відходи” звичайно вживається для визначення матеріальних залишків процесів людської діяльності, які вже не можуть бути використані за своїм попереднім призначенням. У відповідності до Закону України “Про відходи” (№ 3073-III від 07.03.2002р.) відходи визначаються як “будь-які речовини, матеріали і предмети, що утворюються у процесі людської діяльності і не мають подальшого використання за місцем утворення чи виявлення та яких їх власник повинен позбутися шляхом утилізації чи видалення” [1].

Проводячи ґрунтовний аналіз існуючих визначень терміну “відходи” за літературними джерелами [2, 3, 4, 5], необхідно відзначити, що досить часто, так чи інакше, до цього поняття відносять ще й вторинні ресурси. Так, у Класифікаторі відходів ДК 005-96 зазначено, що відходи “підлягають видаленню чи переробці з метою забезпечення захисту навколишнього середовища та здоров’я людей, або з метою повторного їх залучення у господарську діяльність як матеріально-сировинних та енергетичних ресурсів”[1]. Використання даного терміну дозволяє розглядати відходи як джерело вторинних ресурсів. Однак використання потенціалу вторинних ресурсів має певні обмеження – соціальні, економічні, екологічні та техніко-технологічні.

В основі найбільш поширених класифікацій відходів покладено їх поділ на промислові, побутові, сільськогосподарські, будівельні, небезпечні, радіоактивні відходи. Законодавчо відокремленими групами є небезпечні та радіоактивні відходи, які є складовими групи промислових відходів.

У той же час тверді побутові відходи (ТПВ), основним джерелом утворення яких є житлово-комунальне господарство, є найбільш соціально значимою і проблемною відокремленою частиною відходів, що за організаційно-економічною і техніко-технологічною проблематикою, а також за особливістю регулювання, докорінно відрізняються від інших видів відходів [6, 7, 8].

На даний час відсутня однозначність у визначенні поняття “тверді



побутові відходи”. Узагальнюючи існуючі визначення даної категорії, а також враховуючи принципи *Acquis Communautaire* Європейського законодавства [12, 13, 14], необхідно ввести деякі уточнення в даний термін. Отже, ТПВ у розширеному значенні представляють собою відходи, які утворюються в результаті життєдіяльності населення, накопичуються у житлових будинках, а також в організаціях, закладах суспільного призначення, підприємствах: відходи від готування їжі; від прибирання, поточного і капітального ремонту квартир, промислових, торгових і адміністративних приміщень; одяг, взуття, інші предмети що вийшли із домашнього вжитку; упаковка товарів; крупногабаритні предмети (меблі, шафи, холодильники тощо, окремі предмети сантехніки і газового обладнання, замінені в результаті їх виходу із вжитку чи капітального ремонту, упаковка від перелічених предметів); сміття, що збирається в урни на підприємствах, на територіях суспільного використання; вуличне сміття (включаючи опале листя); відходи від загальногосподарської діяльності суб’єктів економічної діяльності (папір, картон, невикористані канцелярські матеріали тощо) і інші відходи, відповідальність за видалення яких, у відповідності з договорами, покладена на органи місцевого самоуправління, які не повинні в ідеалі змішуватися між собою, а окремо утилізуватися найбільш економічно і екологічно прийнятними методами.

Норма утворення ТПВ змінюється, відображаючи стан постачання населення товарами і в той же час вона значною мірою залежить від місцевих умов. Склад і об’єм побутових відходів надзвичайно різноманітний і залежить не тільки від країни і місцевості, але і від пори року та від багатьох інших чинників. Об’єми побутових відходів деяких країн наведені в табл. 1. Папір і картон складають найзначнішу частину ТПВ (до 40 % в розвинених країнах). Друга за величиною категорія ТПВ в Україні – це так звані органічні, в т.ч. харчові, відходи; метал, скло і пластик складають по 7-9 % від загальної кількості відходів. Приблизно по 4 % відводиться на дерево, текстиль, гуму і т.д. Кількість муніципальних відходів в Україні збільшується, а їхній склад, особливо в великих містах, наближається до складу ТПВ в західних країнах з відносно великою часткою паперових відходів і пластика.

Сучасна динаміка соціально-економічного розвитку регіонів України супроводжується зростанням обсягів споживання та, як наслідок, підвищенням темпів і масштабів утворення ТПВ при урізноманітненні їх складу, фізичних та хімічних характеристик.



Таблиця 1.

Об'єми побутових відходів деяких країн

— Країна	Всього в рік, млн. тон	На душу населення в день, кг
США (1988)	180	1,82
США (1995)	200	1,91
США (2000)	216	2,00
СРСР (1989)	57	0,23
Західна Європа	123	1,45
Великобританія	18	0,9
Україна (2000)	11,2	0,64

Особливої актуальності ця проблема набуває в міських умовах, що пов'язано з високою щільністю населення та дефіцитом вільної площі під об'єкти розміщення ТПВ. Основна тенденція вирішення проблеми ТПВ у світовій практиці – поступовий перехід від полігонного захоронення до промислової переробки.

В Україні, яка має обсяг утворення ТПВ біля 10 млн. тонн на рік, більш ніж 90 % ТПВ розміщується на сміттєзвалищах та полігонах, у зв'язку з чим, проблема накопичення ТПВ сприймається більшістю населення країни як одна з реальних загроз національній безпеці.

На загальне накопичення ТПВ впливають такі чинники:

- ступінь облаштування будівель (наявність сміттєпроводів, системи опалювання, теплової енергії для приготування їжі, водопроводу і каналізації);
- розвиток мережі громадського харчування і побутових послуг;
- рівень охоплення комунальним очищенням культурно-побутових і суспільних організацій;
- кліматичні умови.

За останніми даними, утворення ТПВ коливається між 0,5 і 1,2 кг на людину в день.

Ці показники мають тенденцію до постійного збільшення, що викликано економічним розвитком країн. Існують також періоди, коли виробництво ТПВ значно зростає. В підсумку вважається, що показник утворення ТПВ на людину в день дорівнює 1 кг.

Зараз найпоширеніший спосіб знищення ТПВ – це полігони для захоронення. Проте, цей простий спосіб супроводжують такі проблеми:



- надмірно швидке переповнювання існуючих полігонів через великий об'єм і малу густину розміщуваних відходів. Без попереднього ущільнення середня густина ТПВ складає 200–220 кг/м³, яка досягає всього лише 450-500 кг/м³ після ущільнення з використанням сміттєвозів.

- негативні чинники для навколишнього середовища: зараження підземних вод вилуженими продуктами, виділення неприємного запаху, розкидання відходів вітром, мимовільне загоряння полігонів, безконтрольне утворення метану і неестетичний вигляд є тільки частиною проблем, що непокоять екологів і викликають серйозні заперечення з боку місцевих властей.

- відсутність площ, придатних для розміщення полігонів на зручній відстані від великих міст. Розширення міст витісняє полігони на все більш далеку відстань. Даний чинник в поєднанні із зростанням цін на землю збільшує вартість транспортування ТПВ.

- неможливість усунення полігонів. Незважаючи на використання найсучасніших технологій, наше суспільство завжди буде потребувати їхнього використання для знищення не перетворюваних фракцій: золи, шин, будівельного сміття тощо.

Сфера поводження з ТПВ, відповідно до Закону України “Про відходи”, включає діяльність щодо утворення, збирання, перевезення, зберігання, оброблення, утилізації, видалення, знешкодження та захоронення ТПВ, що утворюються в Україні, перевозяться через її територію, ввозяться на територію України чи вивозяться з неї.

Розвиток сфери поводження з ТПВ потребує змістовної конкретизації поняття “управління сферою поводження з ТПВ”, щодо якого, у даний час, не існує однозначного трактування [2,4,9]. У той же час, процес управління сферою поводження з ТПВ безпосередньо впливає на розвиток регіону в рамках містобудівельної політики [7, 10, 11].

Під “управлінням сферою поводження з ТПВ” автори розуміють “організацію збору ТПВ, їх утилізацію (переробка, спалювання, захоронення тощо) та заходи по зменшенню їх кількості” [2, 4, 5]. Інші спеціалісти розглядають це поняття більш широко, і вважають, що управління сферою поводження з ТПВ є важливою складовою еколого-економічного управління, направленою на забезпечення сталого розвитку і його слід розглядати як елемент зовнішнього екологічного менеджменту на регіональному рівні [8, 9].

У Директиві Ради Європейських Співтовариств “Про відходи”



(№75/442/ЕСС від 15 липня 1975 р.) під терміном “управління сферою поводження з ТПВ” розуміється: “збір, транспортування, зберігання, утилізація, знешкодження і захоронення ТПВ, включаючи контроль за цими операціями, обслуговування місць розміщення ТПВ”, міститься один новий елемент, що уточнює поняття “поводження з відходами” – обслуговування місць видалення.

Із приведених визначень не зрозуміло, чим “управління сферою поводження з ТПВ”, відрізняється від трактування самого процесу “поводження з ТПВ”, під яким, у відповідності до Закону України “Про відходи”, розуміються “дії, спрямовані на запобігання утворення відходів, їх збирання, перевезення, зберігання, оброблення, утилізація, видалення, знешкодження і захоронення, включаючи контроль над цими операціями та нагляд за місцями видалення”.

Процес управління – діяльність об’єднаних у певну систему суб’єктів управління, направлена на досягнення цілей шляхом реалізації певних функцій з використанням певних методів (механізмів) [16]. У широкому значенні “управління” являє собою ціленаправлений вплив на ситуацію з метою стабілізації або зміни її таким чином, щоб досягнути поставленої мети [17]. Метою управління є підтримка всіх елементів системи, що управляються, на рівні відповідності прийнятим нормам і вимогам, надання їм стійкості і здатності до саморозвитку.

Зміст конкретного управлінського процесу, функцій, що виконуються, побудова організаційної структури і інформаційної бази, відбір і обробка даних визначаються цілями, задачами і принципами. Отже, говорячи про категорію управління відповідно до проблеми ТПВ, слід перш за все визначити головну ціль управляючого впливу. Саме вона наповнює змістом функції управління, ставить вимоги до побудови інституційної структури, управлінських рішень тощо. Метою такого управління повинна стати організація діяльності щодо поводження з ТПВ на рівні, що сприяє забезпеченню містобудівельної, економічної, соціальної і екологічної стійкості території та відповідає нормам і вимогам, які визначені існуючим законодавством. Стратегічна мета управління сферою поводження з ТПВ включає ряд тактичних цілей, що відтворюють базові принципи екологічно безпечного поводження з ТПВ і відображені як у міжнародних документах (Директива ЄС №75/442/ЕСС про відходи, Директива Ради 96/61/ЄС про загальне запобігання та зменшення забруднення навколишнього середовища), так і у Законі України “Про відходи”. До них



належать: зведення до мінімуму обсягів утворення ТПВ; сприяння максимально можливій утилізації ТПВ шляхом використання їх ресурсоцінних фракцій; безпечне видалення ТПВ, що не підлягають утилізації [15,18].

Зміст управління сферою поводження з ТПВ включає наступні завдання:

- раціональне поводження з ТПВ з урахуванням регіональних особливостей на середньо- і довготривалу перспективу, що необхідно для стабільної роботи підприємств даної сфери;
- безперервне інформаційне забезпечення процесу поводження з ТПВ;
- максимальне використання вторинних ресурсів та мінімізацію утворення ТПВ, що сприяє підвищенню сировинної забезпеченості та збереження первинних природних ресурсів;
- збільшення об'ємів ТПВ, що перероблюються із удосконаленням існуючих технологій, що покращує екологічну ситуацію в регіоні;
- надання населенню можливості отримання додаткових прибутків від здачі вторсировини і впорядкування діяльності незалежних збиральників ТПВ, включення населення в процес збору, заготівлі, мінімізації ТПВ шляхом проведення комплексу освітньо-виховних заходів;
- підвищення кваліфікації спеціалістів, що працюють у даній галузі;
- зменшення площ, зайятих несанкціонованими та санкціонованими звалищами, і збільшення частки ТПВ, що переробляються, зменшення та відвернення економічного збитку за забруднення навколишнього середовища від поводження з ТПВ регіону;
- проведення науково-дослідних робіт по створенню нових технологій переробки ТПВ, їх збирання і розміщення в регіоні.

Усі перераховані завдання знаходяться у взаємозв'язку та взаємозалежності, і передбачається, що практична реалізація процесу дозволить виявити додаткові задачі і скорегувати зміст тих, що наведені вище.

Загальновизначено, що для будь-якого перетворення в системі, у відповідності з його метою, необхідно виявити головні проблеми, усунення яких дозволить системі функціонувати у відповідності з новими принципами і вимогами. Вивчення спеціальної літератури, що стосується управління сферою поводження з ТПВ на регіональному та державному рівні, дозволило визначити його основні проблеми.

По-перше, у системі управління сферою поводження з ТПВ відсутні централізований облік та інформатизація.



У більшості джерел підкреслюється, що розвиток сфери поводження з ТПВ носить стихійний характер. Відсутні загальнорегіональні масиви інформації про об'єми утворення ТПВ, немає їх обліку за номінальною місткістю транспортних заходів, немає єдиного розуміння складу ТПВ. Наслідком цього є викривлення реальних обсягів утворення ТПВ і неадекватне обґрунтування норми їх накопичення на людину. Це, у свою чергу, приводить до ряду негативних наслідків: нераціонально використовуються земельні ресурси – сумарно об'єкти санкціонованого та несанкціонованого розміщення ТПВ займають значні площі, а міжрайонна кооперація по їх розміщенню відсутня; знижується інвестиційна привабливість діяльності щодо поводження з ТПВ, так як при відсутності інформації неможливо спрогнозувати потужності інфраструктури і планувати ресурси для її розширення; офіційним шляхом збирається значно менше ТПВ, ніж їх утворюється у населеному пункті. Це підтверджує той факт, що кількість несанкціонованих звалищ і їх масштаби постійно збільшуються.

По-друге, розробка законодавства у сфері поводження з відходами поки що не закінчена, враховуються не всі аспекти функціонування даної сфери.

Процес розбудови нормативно-правової бази в Україні йде суперечливо. Більше того, останніми роками одночасно з послабленням регулюючої ролі органів управління йде не гармонізація, а навіть деформація правового поля стосовно поводження з відходами [3,7].

Дослідження нормативно-правового забезпечення на державному та регіональному рівні показало, що законодавство у сфері поводження з відходами не повністю забезпечує реалізацію цілей, визначеними національними програмами та стратегіями. Прийняття законодавчих актів у сфері поводження з відходами відбувається, як правило, без попереднього обговорення зі всіма зацікавленими сторонами. Порядок інформування населення і організацій не визначений, що приводить до певних труднощів при практичному використанні відповідних законів, наказів та інструкцій.

Як зазначається в [19], Україна почала процес впровадження права ЄС *Acquis Communautaire* у сфері поводження з відходами в національне законодавство. У загальному вигляді основні характеристики законодавчої бази ЄС приведені у додатку В. Проведене співставлення діючого законодавства України із законодавством ЄС у сфері поводження з відходами дозволяє виявити існуючі недоліки, головним є те, що законодавча база повинна містити



не тільки продекларовані принципи поводження з ТПВ, але й інструменти їх реалізації.

По-третє, матеріально-технічна база сфери поводження з ТПВ знаходиться в незадовільному стані.

Підприємства, що надають послуги у житлово-комунальній сфері, є інвестиційно непривабливими, у зв'язку з високою заборгованістю. Технічне переоснащення підприємств даної сфери відбувається повільними темпами, внаслідок чого ускладнюється практична реалізація інновацій у даній галузі. Власних джерел фінансування капіталовкладень не вистачає, залучення зовнішніх джерел інвестування досить проблематично, у тому числі через відсутність у інвесторів бажання вкладати кошти у галузь із низькою рентабельністю. Особливо гостро проявляється дана проблема на звалищах та полігонах ТПВ.

По-четверте, проблема накопичення, збору, транспортування та переробки відходів розглядається окремо одна від одної, що призводить до невідповідності подальшої сумісної роботи.

По-п'яте, сфера поводження з ТПВ здійснює інтенсивний вплив на навколишнє природне середовище. Екологічні та соціальні збитки від функціонування сфери поводження з ТПВ не покриваються, що призводить до погіршення не тільки екологічного, але і соціально-економічного стану регіону. Відходи є специфічною субстанцією, з однієї сторони – джерело негативного впливу на довкілля, з іншої – джерело вторинної сировини, враховуючи цю специфіку і потрібно формувати систему управління сферою поводження з ТПВ. Усі вищенаведені проблеми підсилюються відсутністю екологічної свідомості як у населення, так і у осіб, що приймають керівні рішення у даній сфері.

Отже, наведені дані свідчать, що за дослідженими показниками Україна ще не забезпечує покращення або хоча б стабільність екології через слабкість економічного механізму впливу на оптимізацію природокористування та захист навколишнього середовища, непослідовне, формальне застосування принципу “забруднювач платить”, вузькість бази екологічного оподаткування, відсутність механізмів індексації нормативної бази тощо.

В Україні на початку 90-х років склалася критична ситуація, коли й до того недостатньо міцні комунальні господарства стали не в змозі забезпечувати ні благоустрій та реконструкцію існуючих звалищ ТПВ, ні їх ефективну та



екологічно безпечну експлуатацію. В результаті масового забруднення ґрунту, в тому числі з причини недосконалості збирання ТПВ, кожна третя проба ґрунту, відібрана на території житлової забудови на території України не відповідає санітарним вимогам. Як ніколи стало актуальним питанням всебічної екологічної оцінки існуючих звалищ ТПВ, визначення рівня їх небезпечності для здоров'я населення та оточуючого середовища та, головним чином, розробки заходів по їх удосконаленню та підвищенню рівня безпечної експлуатації.

Типові недоліки звалищ у промислових містах такі [20, 21]: стихійність виникнення, відсутність проектних рішень та погодження розміщення; невпорядкованість складування відходів та недотримання технології їх поховання; розташування звалища у безпосередній близькості до сільгоспугідь, відсутність організованої санітарно-захисної зони; відсутність проекту закриття та рекультивації.

Авторами [22, 23, 24] визначено основні шляхи негативної дії типового неупорядкованого комунального звалища ТПВ на навколишнє середовище:

- забруднення атмосферного повітря продуктами неповного згоряння, метаном та завислими речовинами внаслідок самозапалення відходів;
- забруднення ґрунту внаслідок вітрового переносу та седиментації часток з поверхні звалища;
- забруднення поверхневих та підземних водойм, насамперед при розповсюдженні фільтрату звалища за його межі та переносу відходів під час весняних повеней;
- розмноження та розповсюдження комах та гризунів – носіїв збудників інфекційних захворювань;
- накопичення, зберігання та розповсюдження спорових форм патогенних мікроорганізмів та яєць гельмінтів.

Тверді побутові відходи засмічують і захаращують природний ландшафт. Крім того вони можуть бути джерелом надходження шкідливих хімічних, біологічних і біохімічних препаратів в навколишнє природне середовище. Це створює певну загрозу здоров'ю і життю населення селища, міста і області, і цілим районам, а також майбутнім поколінням. Тобто, ці тверді побутові відходи порушують екологічну рівновагу. З іншого боку відходи потрібно розглядати як техногенні утворення, які потрібно промислово-значуще характеризувати вмістом в них ряду цінних практично безкоштовних



компонентів, чорних, кольорових металів і інших матеріалів, придатних для використання в металургії, будівельній індустрії, машинобудуванні, в хімічній індустрії, енергетиці, в сільському і лісовому господарстві.

Зробити виробництво безвідходним неможливо так само, як неможливо зробити безвідходним і споживання. У зв'язку із зміною промислового виробництва, зміною рівня життя населення, збільшенням послуг ринку значно змінився якісний і кількісний склад відходів. Утилізація одних - вирішена або вирішувана задача, інші ще чекають свого часу. Запаси деяких малоліквідних відходів, навіть при сучасному спаді виробництва в Україні, продовжують нагромаджуватися, погіршуючи екологічну ситуацію міст, районів.

Вирішення проблеми переробки ТПВ набуває за останні роки першочергового значення. Крім того, у зв'язку з майбутнім поступовим виснаженням природних джерел сировини (нафти, кам'яного вугілля, руд кольорових і чорних металів) для всіх галузей народного господарства набуває особливу значущість повне використання всіх видів промислових і побутових відходів. Багато розвинених країн практично повністю і успішно вирішують всі ці задачі. Особливо це стосується Японії, США, Німеччини, Прибалтійських країн і багатьох інших [25]. В умовах ринкової економіки перед дослідниками і промисловцями, перед муніципальними властями висувається необхідність забезпечити максимально можливу нешкідливість технологічних процесів і повне використання всіх відходів виробництва, тобто наблизитися до створення безвідходних технологій. Складність вирішення всіх цих проблем утилізації твердих промислових і побутових відходів пояснюється відсутністю їхньої чіткої науково-обґрунтованої класифікації, необхідністю застосування складного капіталомісткого устаткування і відсутністю економічної обґрунтованості кожного конкретного розв'язання.

Частково екологічні проблеми ТПВ вирішують таким чином [26]:

- проблема відчуження земель частково вирішується шляхом використання для захоронення неродючих земель, багато порушених гірничими роботами земель – кар'єрів, відвалів та інше;
- проблема фільтраційних вод на сучасних полігонах ТПВ вирішується шляхом створення протифільтраційних та дренажних споруд;
- проблема, пов'язана з поширенням хвороботворних мікроорганізмів, вирішується шляхом суворого дотримання нормативів;
- проблема впливу на атмосферу звалищних газів може бути вирішена



шляхом використання останнього як цінного палива та сировини для хімічної промисловості.

На міських звалищах навіть середнього міста щорічно накопичуються сотні тисяч тон побутових відходів. Розкладаючись, вони отруюють повітря, ґрунт, підземні води і перетворюються, таким чином, в серйозну небезпеку для навколишнього середовища і людини. От чому стають ефективні, безвідходні, а головне – екологічно чисті технології промислової переробки сміття. До їхнього числа належать сучасні сміттєспалювальні заводи, здатні знешкоджувати і утилізувати побутові відходи і попутно видобувати теплову і електричну енергію, компенсуючи тим самим чималі витрати на саму переробку.

У всьому світі переробка і утилізація побутових відходів стають все більш злободенною проблемою. Головним чином це стосується крупних густонаселених міст, де щорічно накопичуються мільйони кубометрів всілякого сміття. Звалища, купи викинутого непотребу, переповнені сміттєві баки – в Україні такі картини знайомі багатьом міським жителям. Підраховано, що щороку в країні накопичується тільки твердих побутових відходів 40 мільйонів кубометрів. Проблему знищення такої величезної маси сміття, безперечно, можна віднести до категорії екологічних, з іншого боку, вона найтіснішим чином пов'язана з вирішенням складних технічних і економічних питань.

Виявлені проблеми свідчать про те, що ситуація з забезпеченням сфери поводження з ТПВ хоча і не критична, але не дозволяє здійснювати нормальне планування, збір, облік і аналіз інформації, що сприяло б впровадженню повноцінних методичних містобудівельних інструментів управління даною сферою.

Отже, враховуючи негативний вплив ТПВ на стан навколишнього природного середовища і якість життя населення, постає необхідність у формуванні ефективного управління сферою поводження з ТПВ.

Управління сферою поводження з ТПВ є невід'ємною частиною системи управління містом. Але вихід із складної ситуації у цій сфері в рамках традиційних методів і при збереженні існуючих технологій практично неможливий.

Висновки.

У діючих умовах виникає необхідність використання системного підходу, що дозволяє всесторонньо оцінити ситуацію, що склалася в сфері поводження з



ТПВ, і знайти найбільш раціональні шляхи її покращення. Крім цього, слід вирішувати не тільки поточні задачі, але і планувати діяльність щодо поводженню з ТПВ на середньо- і довготривалу перспективу. Тобто, постає необхідність у розробці системної програми поводження з ТПВ, яка має відображати державну та містобудівельну політику.

Враховуючи все вищенаведене можна констатувати, що ефективне управління сферою поводження з ТПВ сприятиме збереженню навколишнього природного середовища, на яке має право населення згідно Конституції України, та розвитку системи санітарного очищення міста в містобудівельних межах.

**KAPITEL 6 / CHAPTER 6.****SCIENTIFIC-APPLIED PRINCIPLES OF RISK MANAGEMENT IN ENTERPRISES: POSTULATES, TRENDS, MODIFICATION****НАУЧНО-ПРИКЛАДНЫЕ ОСНОВЫ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ: ПОСТУЛАТЫ, ТРЕНДЫ, МОДИФИКАЦИЯ****DOI: 10.30888/978-3-9821783-0-1.2020-01-01-069****Вступ.**

Виробничо-комерційна діяльність в будівельній сфері пов'язана з численними ризиками. Управління ризиками при реалізації будівельних проектів є актуальною проблемою протягом багатьох десятиліть не тільки в Україні, але також в інших країнах світу. Представлена проблематика є результатом недостатньо розробленої системи менеджменту якості в сфері будівництва, зокрема, системи управління ризиками будівельної галузі. Управління ризиками – це процес оцінювання ризику і розробки стратегій управління ним з метою максимізації прибутку.

Управління ризиками в будівництві здійснюється шляхом підготовки та впровадження заходів, що мають на меті знизити ризик прийняття помилкового рішення і зменшити можливі негативні наслідки небажаного розвитку подій за результатами прийнятих рішень. З метою забезпечення стійкості та конкурентоспроможності будівельного підприємства, що функціонує в динамічних умовах ринкової економіки та упередження ризиків виробничо-комерційної діяльності виникає потреба в розробці і впровадженні дієвої організаційно-економічної системи ризик-менеджменту.

Ефективна діяльність в будівництві залежить від уміння оцінити ситуацію, підготувати й реалізувати комплекс заходів для зниження та упередження виникнення негативних ситуацій, для цієї сфери характерні наступні ризики: порушення будівельного процесу, вибуття основних засобів, зниження рівня якісних показників; ризик зміни валютних курсів і цін, інфляції, конкуренції.

У наукових розробках [2] Л. Гончаренко, С. Філін розглядають загальні концепції ризику та невизначеності. Семенова Г.І. [7] аналізує проблематику класифікації та перспективи формування дієвої системи управління ризиками. У своїх працях вчений Х. Кломан, відзначає, що новим кроком дослідження ризиків є «комплексний, стратегічний, цілісний або корпоративний ризик-менеджмент», оскільки в його основі покладена ідея «розглядати ризики комплексно, а не окремо, як було раніше» [8].



Ми погоджуємось з Х. Кломаном щодо дослідження питання впровадження комплексного підходу до упередження виникнення ризиків та пропонуємо його застосувати в будівництві, оскільки цю проблематику представлено фрагментарно адже недостатньо досліджені дієві практики управління ризиками в будівельному секторі економіки нашої країни.

Основна частина.

У науковій літературі виокремлюють чотири типи методів управління ризиками [7] (Рис. 1.): ухилення від ризику; локалізації; дисипації; компенсації ризику.

Методи ухилення від ризику найбільш поширені в господарській практиці, їх використовують підприємці, які прагнуть бути впевненими у своїх діях. Керівники цього типу відмовляються від послуг ненадійних партнерів, працюють тільки з перевіреними контрагентами - споживачами та постачальниками, намагаються не розширювати коло партнерів. В будівництві перелік подібних методів може виглядати наступним чином: відмова від укладення контракту; виключення ризикових ситуацій при реалізації проекту; відмова від послуг невідомих або сумнівних постачальників, що надасть можливість знизити ризик.

Методи локалізації ризику використовують в тих випадках, коли вдається досить чітко ідентифікувати джерела ризику. Виділивши найбільш економічно небезпечний етап або бізнес-процес діяльності, можна зробити його контрольованим і таким чином знизити рівень фінального ризику для будівельної компанії. Прикладом застосування методу локалізації при реалізації будівельних проектів є: огороження ділянки проведення особливо небезпечних робіт, будівництво окремих цехів і будівель для роботи з спеціальним обладнанням, здатним завдати шкоди цінному майну і т.д. Також може здійснюватися локалізація за допомогою попереджувальних заходів.

Методи дисипації ризику є більш адаптивними інструментами управління, й полягають в розподілі загального ризику шляхом об'єднання (з різним ступенем інтеграції) з іншими учасниками, зацікавленими в успіху спільної справи. Будівельна компанія має можливість зменшити рівень власного ризику, залучаючи до вирішення загальних проблем в якості партнерів інші підприємства. Спираючись на вивчені загальні методи інтеграції, ми можемо виділити три основні види інтеграції з метою зниження ризику:

- вертикальна інтеграція - передбачає об'єднання компанії з



постачальниками [5]. Якщо компанія створить консорціум з постачальниками обладнання, будівельних матеріалів (або використає іншу форму об'єднання), у неї з'явиться можливість значно знизити собівартість проекту й диверсифікувати відповідні кошти на попереджувальні заходи або зберегти їх для підвищення рентабельності інвестицій в проект;

- горизонтальна інтеграція – це об'єднання зусиль різних організацій (конкурентів) для реалізації будь-якої спільної мети [8]. Така інтеграція може втілюватися у формі асоціації, яку вигідно створити декільком будівельним компаніям для роботи над великими проектами. Інвестувати значну суму в проект одного замовника на строк близько 5 років, величезний ризик для будь-якої компанії, однак, поділивши об'єкт замовника на сектори, можна знизити цей ризик шляхом поділу робіт і відповідальності з іншими учасниками;

- кругова інтеграція - це об'єднання організацій, що здійснюють різні види діяльності для досягнення спільних стратегічних цілей [5]. Наприклад, будівельна компанія може створити фінансову групу спільно з лізинговою організацією або банком. За допомогою такої інтеграції отримає фінансування будівельних проектів, збільшуючи при цьому свої можливості щодо охоплення проектів і розподіляючи ризики по проектах зі своїми партнерами.

Друга група методів дисипації ризику – це диверсифікація, яка надає змогу збільшити варіації співпраці з постачальниками матеріалів, обладнання, клієнтами. Для здійснення продуктивної диверсифікації ризиків компанія має адаптувати досвід страхових організацій в галузі управління ризиками, пов'язаний з перерозподілом ризиків в просторі та часі, а також щодо різних послуг всередині компанії.

З огляду на сказане вище і відштовхуючись від підходів різних авторів [4-6], що виділяють диверсифікацію як один з методів управління ризиками, ми пропонуємо наступну версію застосування даного методу управління ризиками в діяльності будівельних компаній: - диверсифікація клієнтської бази за видами діяльності та типами організацій; розподіл клієнтів за розміром і масштабом діяльності; диверсифікація постачальників обладнання, будівельних матеріалів, а також аутсорсинг бізнес-процесів будівельних проектів.

Постачальники є дуже важливим сегментом в діяльності компанії. Якщо кошти сплачені за обладнання, а фактичної поставки немає кілька місяців, або доставлено обладнання з дефектами і необхідна його заміна, то врегулювання всіх цих питань буде затягувати термін початку реалізації проекту і отримання



економічної віддачі від вкладених коштів; диверсифікація в часі. Виходячи з досвіду страхової діяльності, слід враховувати реалізацію ризиків в часі. Рациональним рішенням є формування деякого резерву на вирівнювання збитків по роках; диверсифікація енергозберігаючих заходів – розширення спектру послуг компанії, використання в проектах новітніх інформаційних технологій, що надасть можливість знизити ризик конкретних заходів з енергозбереження.

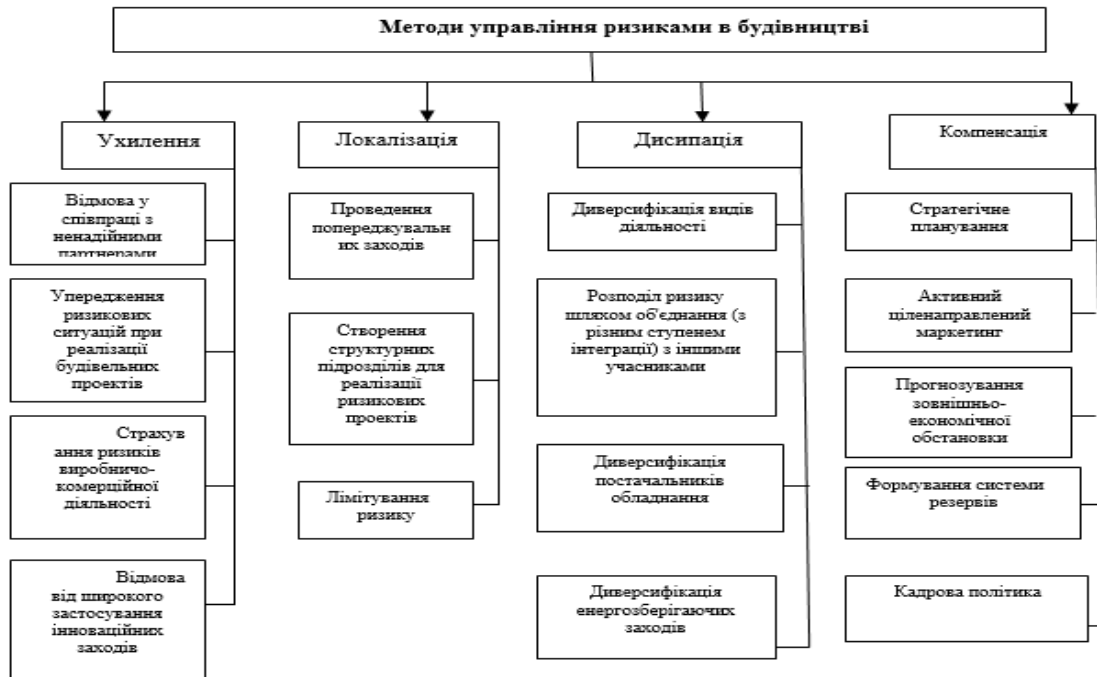


Рис. 1. Класифікація управління ризиками в будівництві
(Сформовано на основі [2-4])

Представлена група методів управління ризиками може бути адаптована до діяльності будівельних компаній відповідно основних напрямів її розвитку:

1. Стратегічне планування. У будівництві стратегічне планування має здійснюватися мінімум на 5 років, перш за все, через середню тривалість терміну зведення будівель 2-4 роки. Будівельній компанії доцільно поєднати роботу по деяких проектах протягом даного періоду в один генеральний план, який включає: план безпосереднього проведення робіт на об'єктах замовників, план проведення профілактичних перевірок обладнання, бюджети доходів і витрат (щоб визначити грошовий потік за певний період і не зіткнутися з ситуацією відсутності коштів для розрахунку за зобов'язаннями). Генеральний план надає можливість досягти мети будівельною компанією, як комерційної організації, а також забезпечити максимальне залучення трудових і фінансових ресурсів, отримати прибуток й залишатися платоспроможною в довгостроковій



перспективі.

2. Прогнозування зовнішньої економічної ситуації полягає у систематичному оцінюванні загальної ситуації в економіці і тих галузях, в яких компанія реалізує свої будівельні проекти, щоб передбачити економічний спад й можливу акумуляцію збитків при роботі тільки з одним сектором економіки.

3. Активний цілеспрямований маркетинг необхідний в роботі будівельної компанії, як і в будь-якій іншій комерційній діяльності. Цілеспрямований маркетинг передбачає використання маркетингових інструментів для інтенсивного формування попиту на продукцію або послуги організації та аналіз ринку: рекламні акції з метою підвищення рейтингу компанії та залучення клієнтів; розширення асортименту виконуваних робіт (застосування перспективних інноваційних або нестандартних технологій в будівництві); орієнтація на різні групи споживачів з конкретним набором заходів для кожної групи; аналіз поведінки конкурентів; вироблення конкурентних стратегій.

4. Створення системи резервів. Кожен контракт передбачає довгострокове співробітництво забудовника та замовника. Ось чому основним критерієм успішності реалізації запланованих заходів і отримання віддачі у вигляді економії, буде стійкість діяльності як компанії, так і замовника. Досягти фінансової стійкості в довгостроковій перспективі можна за допомогою формування системи резервів. Створення системи резервів в будівництві згідно наукової термінології називається самострахуванням.

Самострахування (внутрішнє страхування) як прийом зниження рівня ризику ґрунтується на резервуванні організацією частини фінансових ресурсів, що дозволяють подолати негативні наслідки з фінансових чи інших ризикованих операцій [3]. Іншими словами, самострахування передбачає формування будівельною компанією грошового або матеріального фонду на покриття непередбачених збитків. Основні форми самострахування: формування резервного (страхового) фонду на випадок усунення наслідків непередбачених ризикових ситуацій, куди нараховується 1...2 % суми, закладеної на проект з будівництва; резервний фонд на проведення додаткових попереджувальних заходів по ризиках, виявлених в результаті обслуговування обладнання 1...2 % від вартості проекту; формування запасів типових витратних матеріалів, які будівельна компанія застосовує практично в кожному проекті (кабелі електропроводки, теплоізоляційні матеріали та інші) в



розмірах на 10...15 % перевищують загальний обсяг необхідних видів матеріалів, на випадок виникнення додаткової потреби в них; нерозподілений залишок прибутку, отриманої в звітному періоді, також може розглядатися як резерв фінансових ресурсів, що спрямовуються на ліквідацію негативних наслідків різноманітних ризиків [2].

5. Кадрова політика будівельної компанії чинить значний вплив на ефективність роботи. Дороге обладнання, тривалий термін взаємодії з замовником, складність проведених розрахунків і робіт, гарантії з боку компанії - всі ці чинники зобов'язують мати висококваліфікований персонал. Основна стратегія в сфері кадрової політики має формуватись на залученні кращих працівників, мотивуючи їх високою оплатою праці, соціальним пакетом, постійним навчанням.

Стосовно будівельної діяльності є спроби сформувати набір спеціалізованих методів управління ризиками які раніше не застосовувались. Тому, розглянуті методи управління ризиками будівельною компанією формувалися, спираючись на напрацювання в сфері ризик-менеджменту в різних сферах діяльності. Для будівельних компаній релевантними до проектів виявилися чотири групи методів управління ризиками: ухилення від ризику, зниження ризику, дисипація і компенсація ризику. В рамках кожної групи були розглянуті від двох до п'яти методів управління ризиками. Кожен метод розглядався щодо діяльності будівельних компаній, що, з огляду на відсутність теоретичних напрацювань в даній сфері, викликало певні труднощі. Не дивлячись на те, що в роботі представлені різні методи управління ризиками, застосування абсолютно всіх методів в кожному проекті буде недоцільним. Однак, з урахуванням широкого спектра будівельних проектів і набору заходів, які реалізуються в них; наявності великої кількості найрізноманітніших зовнішніх і внутрішніх ризиків, представлені науково-методичні розробки можуть стати запорукою підвищення ймовірності успішної реалізації будівельного проекту.

Загальною характеристикою для представлених методів управління ризиками є потенційна можливість керуючого впливати на об'єкт-ризик, для забезпечення якого є потреба в формуванні організаційної системи управління ризиками на підприємстві. Процес формування організаційної системи управління ризиками в будівництві ґрунтується на методології системного підходу, що потребує дотримання закономірностей, принципів організації



управління. Основною детермінантою системного підходу є те, що організаційні структури та методи управління на кожному етапі розвитку мають адаптуватись до динамічних умов функціонування виробництва; базуватись на наукових методах аналізу, обґрунтування і прийняття ефективних управлінських рішень. Вирішення проблематики організації управління ризиками на засадах системного підходу, ми розглядаємо як сукупність: внутрішніх і зовнішніх закономірних зв'язків системи між її елементами та зовнішнім середовищем; принципів побудови організаційної структури управління; вимог, яким має відповідати організаційна структура для досягнення поставлених цілей і завдань управління підприємством. Управління з позиції системного підходу - створення або зміна організації в процесі її функціонування і розвитку за допомогою впливу на елементи, а також реалізацію самих зв'язків. Отже, управління виконує певну функцію, спрямовану на збереження системи. Організація системи управління (як результат реалізації функцій) демонструє впорядкованість цілей, завдань, функцій і зв'язків між її елементами, а також порядок і методи отримання, трансформації і передачі інформації, основою збереження якої (упорядкованості), є організаційна структура [4].

Специфіка здійснення виробничо-комерційної діяльності в будівництві впливає на організаційну структуру управління, яка виступає як сукупність формальних і неформальних відносин управління, як спосіб взаємозв'язку між управлінськими рішеннями, що забезпечують ефективне функціонування та розвиток системи управління. Організацію управління ризиками можна уявити як цілісне утворення, взаємодія елементів якого направлено на досягнення певних функцій, і в якому між елементами та їх властивостями існують такі відносини, що зміна будь-якого елемента або його властивості призводить до трансформації в інших елементах і властивості системи управління в цілому. Характер цих відносин регламентує структуру системи управління ризиками, отже, структура управління ризиками, ступінь її складності залежать від складу і характеру функцій, виконуваних системою в цілому. Виявлення взаємозв'язків й залежностей між механізмом управління ризиками та організаційною структурою управління є одним з основних завдань при організаційному формуванні системи ризик-менеджменту. В основу якої, на нашу думку, має бути покладений системний метод проектування структур, диференційований за функціями і цілям управління [8].



Основним при розробці системоутворюючої структури управління ризиками в даному випадку є аналіз функцій управління ризиками у будівництві. Для ефективної реалізації функцій управління ризиками в будівництві виникає потреба в ресурсах. Варто реалізувати функції управління за допомогою спеціальної підсистеми підприємства або спеціалізованого підрозділу в організаційній структурі, оскільки підрозділ є логічним доповненням до традиційно самостійних функціональних підсистем підприємства. Підсистема управління ризиками в будівництві може бути побудована за ієрархічним принципом. Враховуючи наукові доробки авторів [6], надаємо пропозиції, що процес управління ризиками в будівництві реалізується на двох рівнях - виконавчому та координаційному (рис. 2).

На виконавчому рівні реалізуються дві основні функції: по-перше, безперервний контроль рівня ризику, що виникає в процесі будівництва, і, по-друге, управління рівнем ризику, пов'язаного з процесом підготовки рішень всіх рівнів на підприємстві. Функції виконавчого рівня забезпечують реалізацію конкретних процедур аналізу ризиків в ході впровадження вже прийнятих і при підготовці нових управлінських рішень. На координаційному рівні виконуються командно-контрольні процедури узгодження роботи всіх ланок підсистеми управління ризиком відповідно до прийнятих цільових установок.



Рис. 2. Формалізована функціональна структуризація управління ризиками в будівництві (X-управлінські змінні, Y – управлінський вплив)
(Авторська розробка)

Процедури управління ризиком доцільно регламентувати, тобто вказати терміни проведення робіт, форму і обсяг представлення результатів, задати



склад і порядок виконання процедур аналізу та оцінки рівня ризику, підготувати нормативну, довідкову й поточну інформацію, розпочати процес розробки заходів щодо зниження рівня ризику і довести напрацьовані пропозиції до відома керівництва будівельної компанії, організувати реалізацію упереджувальних заходів. Представлені умови пропонуємо реалізувати на засадах матричного моделювання.

Контент-аналіз наукових джерел [6-8] надав можливість провести узагальнення основних результатів розвитку матричного моделювання на засадах аналізу та синтезу лінійних і нелінійних динамічних систем, яке спрямоване на аналітичне вирішення проблематики логістичних ризиків будівельних підприємств. Дослідження умов вирішення та побудови системи рівнянь можливих еквівалентних рішень ґрунтується на спеціально розробленому економіко-математичному апараті, який включає формування і використання проматриць (проблемних матриць) та методу канонізації довільних матриць, що розділяє для виконання досліджень лінійно залежні та лінійно-незалежні ряди й стовпці цих матриць. Низка вчених виокремлюють два основні напрями дослідження та інкорпорації матричного моделювання в систему логістичних ризиків будівельного підприємства:

- в сфері теорії матриць - трансформація матричного моделювання на засадах параметризації алгебраїчного матричного рівняння Лур'є-Ріккати,
- у контексті теорії систем - необхідні та достатні умови стійкості інваріантних систем і посткомпенсація вихідних сигналів динамічної системи, що дозволяють без втручання в систему імітувати бажану зміну її динамічних властивостей.

Представлений напрям має назву «Технологія вкладення систем», його структурні компоненти наведені на рис. 3. Назва напрямку обумовлена співставленням складно-організованих з відносно простими, добре вивченими системами. Оскільки в цьому контексті складні системи «вкладаються» в прості, тобто функціонують за правилами простих систем. Матричне моделювання логістичних ризиків будівельних підприємств ґрунтується на теорії систем, а саме на використанні її розділів: оцінювання, управління, оптимізації та адаптації логістичної системи в динамічних умовах функціонування.

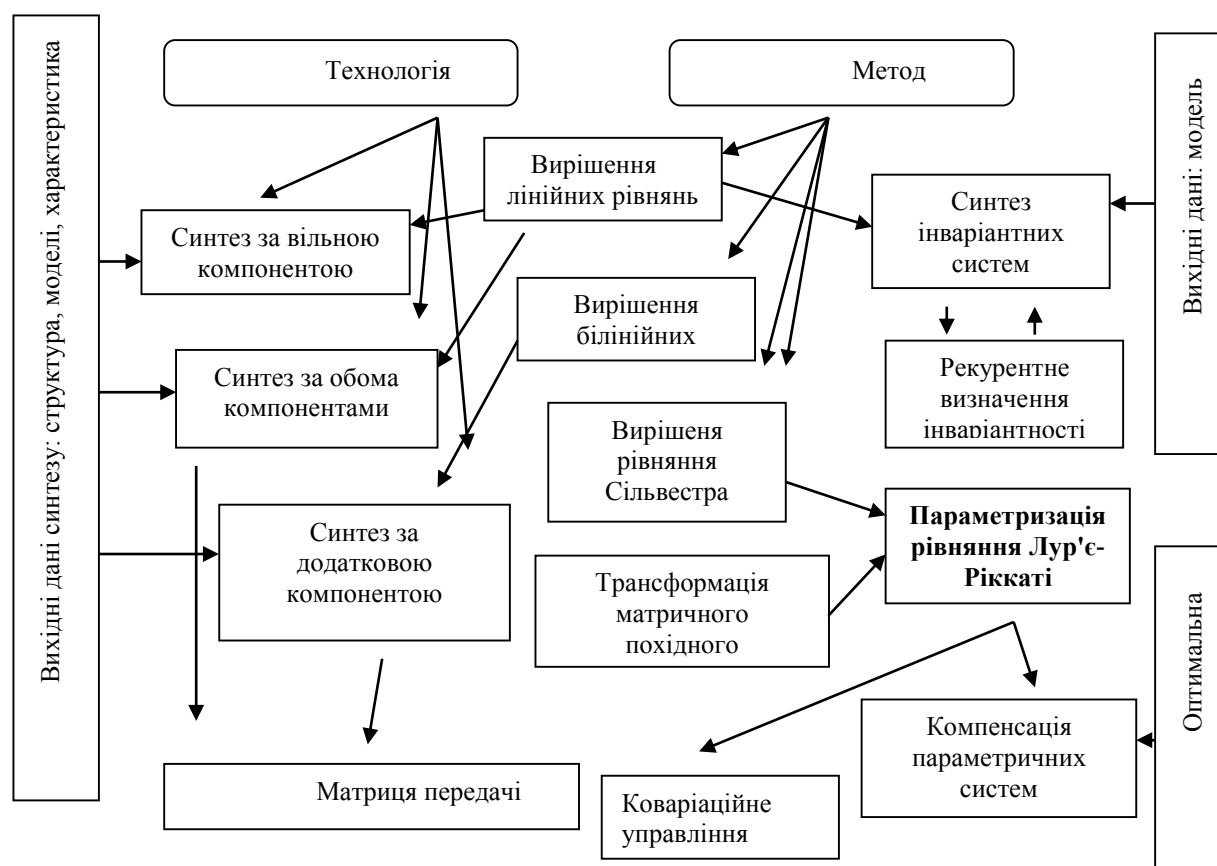


Рис. 3. Науково-теоретичні засади матричного моделювання управління ризиками на підприємствах (Розроблено на основі [4-7])

З метою забезпечення аналітичних дослідження та вирішення матричних алгебраїчних рівнянь розроблений оригінальний метод [2], названий методом канонізації матриць і заснований на градації матриці довільного розміру і рангу r

$$A \rightarrow (\overline{A^L}, \tilde{A^L}, \tilde{A^R}, \overline{A^R}) \quad (1)$$

на неєдину сукупність лівого $\overline{A^L}$ і правого $\overline{A^R}$ дільників нуля максимального рангу, а також лівого $\tilde{A^L}$ і правого $\tilde{A^R}$ канонізаторів, разом задовольняють тотожність:

$$\begin{bmatrix} \tilde{A^L} \\ \overline{A^L} \end{bmatrix} A \begin{bmatrix} \tilde{A^R} & \overline{A^R} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I_r & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (2)$$

При цьому використовуваний зведений канонізатор визначається за формулою:

$$\tilde{A} = \tilde{A^R} \times \tilde{A^L}, \quad (3)$$



Один з можливих варіантів практичної канонізації матриць зводиться до використання елементарних перетворень рядків і стовпців початкової матриці за наступною схемою. Формується «платформа» шляхом додавання зліва та внизу одиничних матриць. Елементарні трансформації цієї платформи призводять до того, що матриця в правому верхньому кутку має вигляд блоку з одним одиничним і трьома нульовими блоками:

$$\frac{I_m \times A_{m \times n}}{I_n} \rightarrow \frac{\begin{bmatrix} \tilde{A}_{r \times m}^{\sim L} \\ A_{(m-r) \times m} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} I_r & 0_{r \times (n-r)} \\ 0_{(m-r) \times r} & 0_{(m-r) \times (n-r)} \end{bmatrix}}{\begin{bmatrix} A_{n \times r}^R \times \overline{A_{(n-r)}^R} \end{bmatrix}}, \quad (4)$$

Тоді одиничні матриці поступаються місцем канонізованим матрицям. Можливості використання даного аналітичного апарату обумовлена, головним чином, трьома обставинами. Перша з них пов'язана з тим, що розроблені формули повторної канонізації, коли об'єктами не є похідні матриці, а результати їх канонізації на попередньому кроці. Систематизація формул канонізації матриць представлено в табл. 1.

Таблиця 1.

Систематизація формул канонізації матриць

Матриця	Результат канонізації		
	Лівий	Зведений канонізатор	Правий
A	$\overline{A^L}$	$\tilde{A}^R \tilde{A}^L$	$\overline{A^R}$
$\overline{A^L}$	0	$(\overline{A^L})^R$	$\tilde{A} A^R$
$\overline{A^R}$	$\tilde{A}^L A$	$(\overline{A^R})^L$	0
$\tilde{A}^L$	0	$\tilde{A} A^R$	$(\overline{A^L})^R$
$\tilde{A}^R$	$\overline{\tilde{A}^L}^L$	$\tilde{A}^L A$	0
$\tilde{A}$	$\overline{\tilde{A}^L}^L$	A	$(\overline{A^L})^R$

Друга умова полягає в отриманні формул канонізації похідних матриць



$$AB \rightarrow \left(\overline{AB^L}, (AB)^\sim, \overline{AB^R} \right) = \left(\left[\begin{array}{c} \overline{B^L} \ A^R \ B^L \ A \\ \hline \end{array} \right], B \left(I_n - \overline{A^R} \left(\overline{B^L} \ A^R \right)^\sim \overline{B^L} \right) A, \overline{A^R} \ B^L \ A^R \times \overline{B^R} \right), \quad (5)$$

А третя умова-блочні матриці, наприклад з вертикально розміщеними блоками

$$A = \begin{bmatrix} A_1 \\ A_2 \end{bmatrix} \rightarrow \begin{pmatrix} \overline{A^L} \\ \tilde{A} \\ \overline{A^R} \end{pmatrix} = \left(\frac{\left[\begin{array}{c} \overline{A^L} \quad 0 \\ \hline A_2 A_1^R A_2 \ A_1 \quad A_2 A_1^R \end{array} \right] L}{\overline{A_1^R} R} \right) \quad (6)$$

З урахуванням симетрії отримані аналогічні формули з метою градації похідної матриці на блоки, які розміщено горизонтально. На основі канонізації матриць отримані умови та формули розрахунку низки рівнянь теорії систем [2-4]. Актуалізовано проблематику дослідження білінійних рівнянь з урахуванням традиційних лінійних рівнянь, які в науково-теоретичному аспекті представлені фрагментарно. Потреба в розробці підходів до вирішення саме таких рівнянь обумовлена тим що, в задачах синтезу системи управління відбувається ігнорування реакції системи на ненульові початкові умови. Вирішення матричних рівнянь передбачає певні складові:

- Перевірку умов вирішення рівняння;
- Представлення за допомогою формул в параметризованому вигляді всієї сукупності рішень.

У таблиці 2 представлено зведені параметри розрахунку білінійних матричних рівнянь.

У формулах таблиці фігурними дужками позначені низка еквівалентних елементів. Оскільки в нижньому індексі в дужках наведені елементи, довільне варіювання яке породжує всі ці елементи. Розглянемо практично важливий і разом з тим один з найскладніших випадків. Що пов'язаний із синтезом закону управління в лінійній системі тільки по складовій $E_y^v(p)$. Найчастіше саме так замовник формулює мету синтезу, обмежуючись щодо вільної складової найзагальнішими зауваженнями. Рішення такого завдання синтезу пов'язано з рішенням системи матричних рівнянь типу:



$$\pi_x BK(p) = C - \pi_x(pI_n - A), \quad \pi_x BG(p) = E_y^v(p). \quad (7)$$

Введено допоміжну дробно-поліноміальну матрицю $\pi_x = \pi_x(p)$, яка поряд з матрицею регулятора $K(p)$ і предкомпенсатора $G(p)$ потребує визначення, хоча може не являти особливої цінності ні для замовника, ні для керівництва будівельного підприємства. На основі проведеного дослідження, що частково представлено розрахунками у таблиці 2 можна сформулювати наступну теорему. Теорема. Завдання синтезу динамічного закону управління

$$G(p)v(p) = K(p)x(p) + u(p) \quad (8)$$

Та представленням об'єкту дослідження через просторову модель

Таблиця 2.

Параметри розрахунку білінійних матричних рівнянь

Рівняння	Запис	Умова вирішення	Формула
Звичайне	$XY = B$	$n \geq \text{rank} B$	$\begin{Bmatrix} \overset{\circ}{X} \\ \overset{\circ}{Y} \end{Bmatrix}_{T,\pi} = \begin{bmatrix} B \tilde{B}^R & \pi \end{bmatrix} T,$ $\begin{Bmatrix} \overset{\circ}{Y} \end{Bmatrix}_{T,\mu} = T^{-1} \begin{bmatrix} \tilde{B}^L B \\ \mu \end{bmatrix}$
З коефіц.	$XAY = B$	$\text{rank} A \geq \text{rank} B$	$\begin{Bmatrix} \overset{\circ}{X} \\ \overset{\circ}{Y} \end{Bmatrix}_{T,\pi,\rho} = \begin{bmatrix} B \tilde{B}^R & \pi \end{bmatrix} T \tilde{A}^L + \rho \overline{A}^L,$ $\begin{Bmatrix} \overset{\circ}{Y} \end{Bmatrix}_{T,\mu,\phi} = \tilde{A}^R T^{-1} \begin{bmatrix} \tilde{B}^L B \\ \mu \end{bmatrix} + \overline{A}^R \phi$
Змішане	$XAY + XC = B$	$n \geq \text{rank} B, \exists T, \pi, \mu:$ $\overline{A}^L \left(T^{-1} \begin{bmatrix} \tilde{B}^L B \\ \phi \end{bmatrix} - C \right) = 0$	$\begin{Bmatrix} \overset{\circ}{X} \\ \overset{\circ}{Y} \end{Bmatrix}_{T,\eta} = \begin{bmatrix} B \tilde{B}^R & \eta \end{bmatrix} T,$ $\begin{Bmatrix} \overset{\circ}{Y} \end{Bmatrix}_{T,\phi,\mu} = \tilde{A} \left(T^{-1} \begin{bmatrix} \tilde{B}^L B \\ \phi \end{bmatrix} - C \right) + \overline{A}^R \mu$
Система	$XAY + XC = B,$ $XAZ = D$	$\text{rank} D \leq \text{rank} A,$ $n \geq \text{rank} B,$ $\exists T, N, \phi, \eta, \psi:$ $\overline{A}^L \left(T^{-1} \begin{bmatrix} \tilde{B}^L B \\ \phi \end{bmatrix} - C \right) = 0,$ $\begin{bmatrix} B \tilde{B}^R & \eta \end{bmatrix} T = \begin{bmatrix} D & \tilde{D}^R \psi \end{bmatrix} N$	$\begin{Bmatrix} \overset{\circ}{X} \\ \overset{\circ}{Y} \\ \overset{\circ}{Z} \end{Bmatrix}_{T,\eta,\kappa,\xi} = \begin{bmatrix} B \tilde{B}^R & \eta \\ \tilde{A} \left(T^{-1} \begin{bmatrix} \tilde{B}^L B \\ \phi \end{bmatrix} - C \right) + \overline{A}^R v \\ \tilde{A} N^{-1} \begin{bmatrix} \tilde{D}^L D \\ \kappa \end{bmatrix} + \overline{A}^R \xi \end{bmatrix}$



$$px(p) = Ax(p) + Bu(p) + x_0, \quad y(p) = C_x(p) \quad (9)$$

З урахуванням передавальної матриці $E_y^v(p)$ замкнутої системи можна вирішити, якщо виконуються наступні умови:

А) ранг передавальної матриці $E_y^v(p)$ не перевищує рангу матриці В:

$$\text{rank} E_y^v(p) \leq \text{rank} B$$

Б) існує похідна матриця φ , яка доповнює базис $\tilde{C}^L C$ матриці C відповідно до розміру простору станів n , а також довільна зворотна матриця $T(p)$ розміром $n \times n$, при яких виконується умова:

$$\bar{B}^L \left(T^{-1}(p) \begin{bmatrix} \tilde{C}^L C \\ \varphi(p) \end{bmatrix} - (pI_n - A) \right) = 0 \quad (10)$$

В) існують довільні похідні матриці $\psi(p)$ і $\eta(p)$, що доповнюють базиси матриці спостереження C і бажаної передавальної матриці $E_y^v(p)$ до виміру простору станів n , а також довільна оборотна матриця $N(p)$, при яких виконуються умови

$$\eta(p)\varphi(p) = 0, \quad \begin{bmatrix} C \tilde{C}^R & \eta(p) \end{bmatrix} T(p) = [E_y^v(p)(E_y^v(p))^{-R} \psi(p)] N(p). \quad (11)$$

При цьому всі можливі еквівалентні рішення визначаються формулами

$$\left\{ K(p) \right\}_{T, \varphi, \nu} = \tilde{B} \left(T^{-1}(p) \begin{bmatrix} \tilde{C}^L C \\ \varphi(p) \end{bmatrix} - (pI_n - A) \right) + \bar{B}^R \nu(p), \quad (12)$$

$$\left\{ G(p) \right\}_{N, k, \xi} = \tilde{B} N^{-1}(p) [(E_y^v(p))^{-L} E_y^v(p)] + \bar{B}^R \xi(p), \quad (13)$$

де $\nu(p)$ та $\xi(p)$ дробно-поліноміальні матриці відповідних розмірів; $\kappa(p)$ – дробно-поліноміальна матриця яка доповнює базис бажаної передавальної матриці $E_y^v(p)$ до розміру простору станів n , та задовольняють умову: $\psi(p)\kappa(p) = 0$,

а матриці $T(p), N(p), \varphi(p), \eta(p), \psi(p)$ набувають значення, що відповідають умовам розв'язку.

Твердження цієї теореми має певну універсальність, оскільки вона може бути використана до будь-яких умов задачі управління, а саме при регулярних і



нерегулярних законах управління, а також для циклічних і нециклічних матриць A в разі опису стану об'єкта в просторі.

Якщо ж відомо будь-яке рішення задачі синтезу управління з складовою $\dot{K}(p)$ та $\dot{G}(p)$, то можна сформулювати низку еквівалентних рішень, не використовуючи складні формули представленої теореми для розрахунку.

Отже, якщо низка матриць, еквівалентних матриці $\pi_x(p)$, то рішення задачі синтезу лінійного управління, описується формулою:

$$\left\{ \pi_x(p) \right\}_{\varphi} = \pi_x(p) \left(I_n + B \varphi(p) \overline{B^L} \right) \quad (14)$$

а передавальна матриця предкомпенсатора така, що виконується умова $\overline{G(p)}^L = 0$:

$$\left\{ \dot{G}(p) \right\}_{\rho} = \dot{G}(p) + \overline{\pi_x(p)} B^R \rho(p) \quad (15)$$

то сукупність передавальних матриць регулятора визначається формулою:

$$\left\{ K(p) \right\}_{\varphi, \mu} = \dot{K}(P) - \varphi(p) \overline{B^L} (pI_n - A) + \overline{\pi_x(p)} B^R \mu(p) \quad (16)$$

Тому закони управління з матрицею предкомпенсатора, відомі як регулярні закони, відповідають формулюванню заданих умов і можуть бути використані при розробці науково-методичних засад управління логістичними ризиками на будівельних підприємствах.

Висновки.

З погляду практичного застосування проаналізовано методи управління ризиками в будівництві, що дозволило виокремити найбільш адаптивні до умов ринкового середовища. Для підвищення резерву ефективності ризик-менеджменту запропоновано формалізовано-функціональну структуру ризиків в будівництві з можливістю її реалізації на виконавчому та координаційному рівнях управління. Розроблено науково-теоретичні засади матричного моделювання управління ризиками на підприємствах, що надасть можливість упередити виникнення непередбачуваних ситуацій в системі управління виробничо-комерційною діяльністю.

**KAPITEL 7 / CHAPTER 7.****NEW APPROACHES TO EVALUATING OF TOXIC AND
CONDITIONALLY TOXIC CHEMICAL ELEMENTS EXPOSITION TO
POPULATION IN MODERN CONDITIONS OF TECHNOGENICALLY
CHANGED BIOGEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF THE HABITAT
НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ЭКСПОЗИЦИИ ТОКСИЧНЫХ И УСЛОВНО
ТОКСИЧНЫХ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ НА НАСЕЛЕНИЕ В СОВРЕМЕННЫХ
УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕННО ИЗМЕНЕННЫХ БИОГЕОХИМИЧЕСКИХ
ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДЫ ОБИТАНИЯ****DOI: 10.30888/978-3-9821783-0-1.2020-01-01-070****Введение.**

Геохимическая трансформация природных сред является закономерным явлением в условиях перехода от естественных экосистем к природно-техническим [1]. Однако на сегодняшний день ситуация складывается таким образом, что уровень и интенсивность осуществляемого техногенного воздействия способны выходить за рамки восстановительных реакций экосистем, становясь причиной неблагоприятных геохимических обстановок [2, 3]. При этом отмечено, что такие аномалии в зависимости от климатических, геоморфологических и гидрологических условий способны формироваться на естественном биогеохимическом фоне за весьма короткий период в несколько лет. Выделены и хорошо изучены контуры подобных аномалий на локальном [4] и региональном уровне [5-7]. В то же наличие межландшафтных связей, а также имеющий место процесс дальнего атмосферного переноса [8, 9] имеют следствием свидетельства об отчетливой тенденции изменения биогеохимического фона и в глобальном масштабе [10, 11].

На сегодняшний день в современной отечественной и зарубежной литературе накоплен определенный опыт анализа эколого-геохимической ситуации урбанизированных территорий. Осуществлены эколого-геохимические оценки их состояния, проведено картографирование распределения отдельных показателей, выявлены приоритетные техногенные источники выявленных изменений. Однако в рамках общепринятых методологических принципов проведения этих работ (уровень отдельных компонентов природной среды) все еще не представляется возможным выполнить комплексную и объективную оценку биогеохимического фактора среды обитания современного населения, в частности, современных уровней экспозиции на организм со стороны условно токсичных и токсичных



химических элементов (ХЭ). Указанное, по мнению авторов, связано как с особенностями самого рассматриваемого фактора, так и со сложностями понятия среда обитания, включающего помимо абиотической и биотической компонент, обширно представленную социальную сферу, обуславливающую большой набор сценариев экспозиции на организм человека токсичных и условно-токсичных ХЭ. Однако все же существует возможность получения результатов, нивелирующих ограничения применяемых сегодня в практике экологического мониторинга подходов, в т.ч. санитарно-гигиенических методов контроля экспозиций на население токсичных и условно-токсичных ХЭ. Решением этой задачи может стать сопряженное изучение компонентов природной среды и показателей элементного профиля организма. С учетом сложностей взаимосвязей природных, технических и социальных структур на урбанизированных территориях, многообразия источников воздействия токсикантов из категории токсичных и условно токсичных ХЭ на организм человека, а также имеющихся трудностей в оценке сочетанного характера их воздействия, в перспективе такой подход способен выступить основой для оптимизации техногенно измененных биогехимических свойств территорий проживания современного населения. Таким образом, целью данной работы являлось следующее: на примере различных по характеру природных и антропогенных биогехимических условий проживания территорий Республики Беларусь реализовать методологические подходы оценки биогехимического фактора среды с учетом данных биомониторинговых исследований содержания ксенобиотиков в организме человека.

Методика исследований. Основным объектом исследования выступил биологический материал (волосы) репрезентативных выборок детской популяции (11-13 лет), проживающей на следующих модельных территориях: I (группа наблюдения) – индустриализированная территория с выраженным проявлением фактора техногенеза, г. Могилев; II (группа сравнения) – территория с минимальным проявлением техногенеза, г. Сенно, Витебская обл.

Численность группы наблюдения составила 262 человека, из них 138 (52,7 %) девочек и 124 (47,3 %) мальчика, средний возраст обследованных – $12,23 \pm 0,98$ (M $\pm$ m) года. Численность сформированной группы сравнения составила 90 человек, из них – 44 (48,9 %) мальчика и 46 (51,1 %) девочек, средний возраст детей – $12,28 \pm 0,97$ (M $\pm$ m) года.

Выбор возрастного диапазона обследуемых (11-13 лет) обусловлен



принадлежностью его согласно литературным данным к экосенситивным (наиболее чувствительным к факторам внешней среды при отсутствии заметного влияния социальной адаптации и естественных пубертатных изменений) периодам роста и развития организма [12-14]. Кроме того, лица данного возраста являются организованными учащимися средних общеобразовательных учреждений, т.е. относительно здоровыми детьми, находящимися в сопоставимых условиях питания и медицинского обслуживания. Критериями отбора обследуемых являлись: 1) постоянное проживание на вышеуказанных территориях, 2) отсутствие хронических заболеваний, 3) наличие добровольного информированного согласия на участие от лица официальных представителей.

Выбор биологического анализата (волосы) обоснован рядом преимуществ по отношению к традиционно применяемым биологическим материалам, в частности, для целей рутинных скрининговых исследований больших выборок, соответствующих решаемым в ходе исследования задачам: неинвазивность, атравматичность, техническая простота пробоотбора, транспортировки и хранения отобранных образцов [15,16], высокие аналитические возможности количественного определения рассматриваемых ХЭ [17, 18].

Методика количественного элементного анализа биологических объектов включала пробоподготовку отобранных образцов биологического материала в соответствии с рекомендациями МАГАТЭ [19]: выделение контрольной и лабораторной проб из проксимальных частей прядей волос длиной 3-4 см; промывка образцов волос для снятия поверхностного загрязнения. Далее образцы подвергались рентгено-флуоресцентной спектроскопии на анализаторе СЕР-01 (ElvaX, Украина) в соответствии с МВИ.МИ 3814-2011. Контроль правильности результатов измерений выполнялся с использованием стандартного образца волос NCS Certified Reference Material DC 73347 (Chinese National Analysis Center). Подтверждение метода энергодисперсионной рентгеновской флуоресцентной спектроскопии осуществлялось с использованием аналитического метода атомно-эмиссионной спектрометрии.

С учетом эффектов синергизма и антагонизма ХЭ и требований полноты картины изучаемого вопроса количественный элементный анализ включал определение максимально широкого перечня ХЭ (общая численность ХЭ – 29). ХЭ рассматривались в пределах общих представлений об уровне их физиологической значимости и токсичности: применялось деление на группы –



условно токсичные и токсичные, эссенциальные и условно эссенциальные ХЭ.

Анализ показателей элементного статуса выполнялся дифференцированно в подгруппах различной половой принадлежности. Указанный подход обоснован выявленными статистически значимыми различиями в концентрациях ХЭ между соответствующими подгруппами в пределах изучаемых групп. Это в полной мере, согласуется с имеющимися литературными данными по данному вопросу [20, 21], при этом максимально выраженный характер половые различия параметров элементного гомеостаза организма имеют в возрастной группе детей в периоде пубертата [22], обследуемый в данной работе контингент.

Обработка и анализ экспериментальных данных осуществлялись с применением методов непараметрической статистики и специализированных пакетов прикладных программ. Проверка на нормальность типа распределения количественных данных проведена с использованием критериев Лиллиефорса и Шапиро-Уилка. Для описания центральных тенденций и вариабельности количественных данных применялись стандартные непараметрические статистики (Me, Q25, Q75). Сравнение групп на основе проверки статистических гипотез с использованием U-критерия Манна-Уитни, H-критерия Краскела-Уоллиса. Анализ взаимосвязей количественных признаков выполнялся с использованием коэффициента ранговой корреляции Спирмена (r), группировка признаков – с применением алгоритма иерархического кластерного анализа.

Результаты исследований. По результатам спектрального анализа элементного состава образцов биосубстратов с применением критерия Манна-Уитни выявлены высоко статистические значимые ($p < 0,001$) различия между группами наблюдения (1) и сравнения (2) в содержании в биосубстратах таких эссенциальных элементов как железо, калий, кобальт, медь, сера, хлор, условно эссенциального никеля (рис. 1), химических элементов с малоизученной ролью, есть группа токсичных и условно токсичных – золото, ртуть, рубидий (рис. 2).

Также в биосубстратах обследованных групп 1 и 2 статистически значимо различались концентрации свинца ($p = 0,012$ и $p = 0,013$ – в подгруппах мальчиков и девочек, соответственно) (рис.2). В целом, межгрупповые различия в медианах распределений концентраций выявлены для 18 из 29 (подгруппа девочек) и 16 из 29 (подгруппа мальчиков) рассматриваемых ХЭ в биосубстратах.

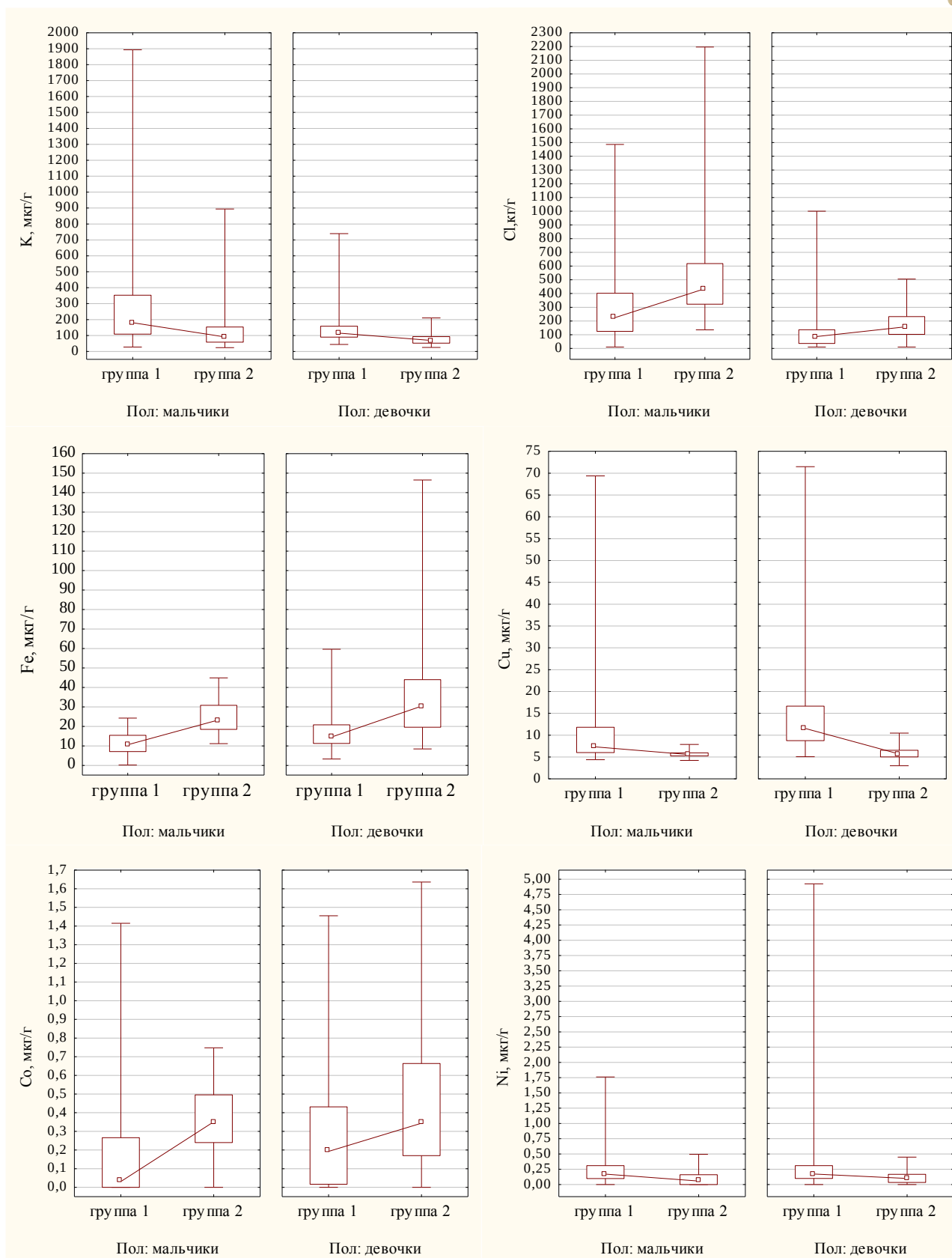


Рис. 1. Анализ распределения концентраций эссенциальных и условно эссенциальных ХЭ калия, хлора, железа, меди, кобальта, никеля в биосубстратах обследованных групп

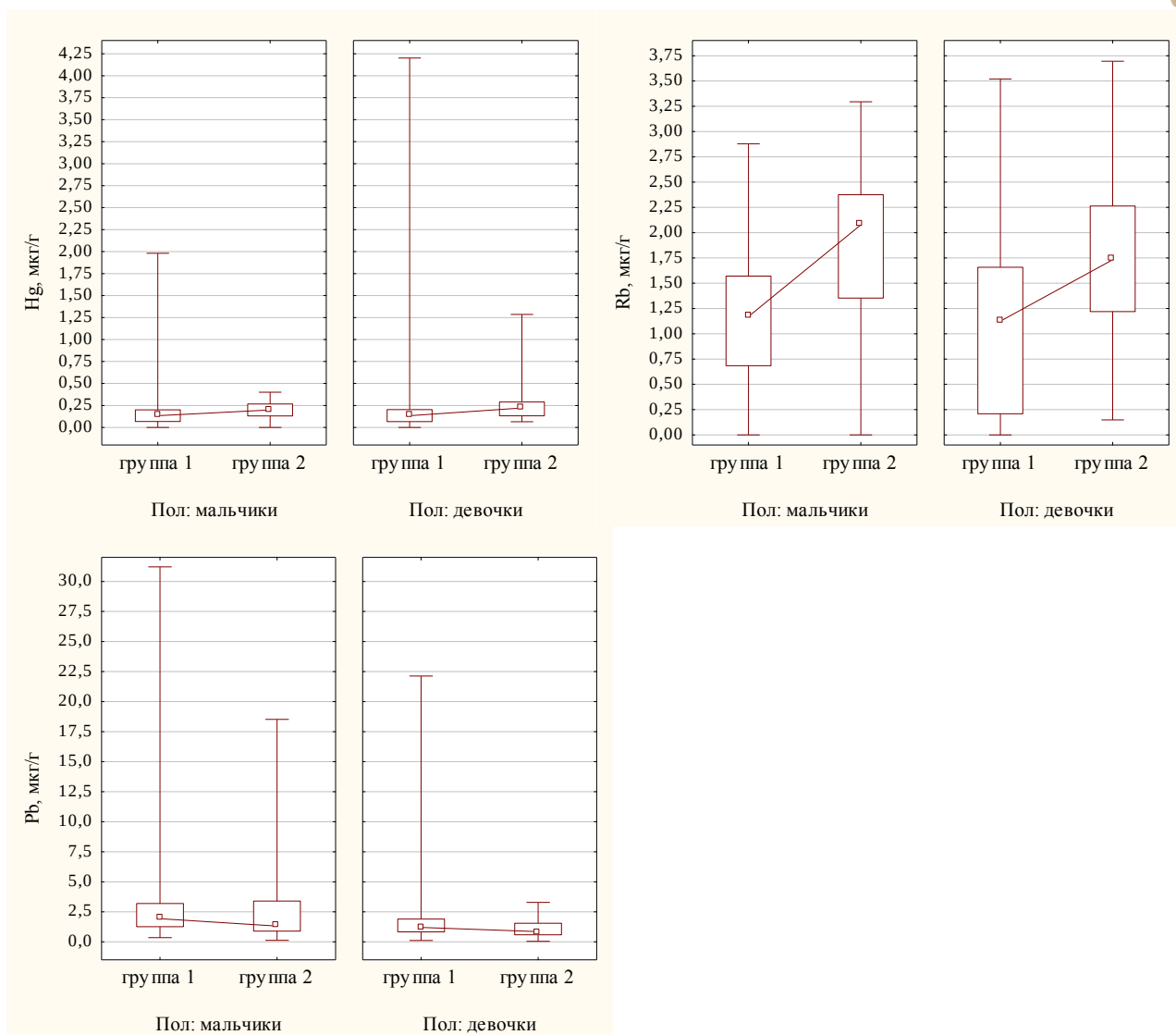


Рис. 2. Особенности распределения концентраций токсичных и условно токсичных ХЭ ртути, рубидия, свинца в биосубстратах обследованных групп

Характерной особенностью статистических совокупностей рассматриваемых выборок являлся значительный разброс величин индивидуальных концентраций. Коэффициент вариации показателей содержания ХЭ находился в пределах от 9 (сера) до 296 % (мышьяк). Наличие в массиве данных сильно отклоняющихся от центральной тенденции вариант отражает свойственную данному параметру степень колебания в статистической совокупности, обусловленную как внешними факторами поступления ХЭ в организм, так и индивидуальным метаболизмом. Вместе с тем межгрупповой сравнительный анализ степени колебания величин концентраций ХЭ позволил предположить характер действия некоторых факторов элементного гомеостаза.



В частности, коэффициент вариации показателя содержания меди, составивший 19,6 % (при величине 81,0 % в группе 1), характеризует группу 2 компактную в отношении уровней данного ХЭ совокупность, устойчиво низкого содержания ХЭ в анализируемых биосубстратах, что предполагает наличие системно действующего внешнего фактора гомеостаза ХЭ в этой группе.

Кроме того, полученные данные отражают близкую к высокой степень статистической стабильности селена в группе 1 (29,2 %) и высокую – в группе 2 (43,0 %). Учитывая тот факт, что селен отнесен к группе ХЭ с низкой статистической стабильностью [23], полученные данные могут отражать весомость внешнего фактора селеновой недостаточности в гомеостазе данного ХЭ, проявляющего себя на уровне всех обследованных групп. Указанное в полной мере согласуется с имеющими место биогеохимическими характеристиками природных сред территории Республики Беларусь, а именно, характерно низким содержанием селена в почвах, естественно-луговой растительности и природных водах [24].

Что касается анализа фактических уровней токсичных и условно токсичных ХЭ, то особый интерес представляют различия, проявившие в статистически значимо более высоких уровнях таких элементов как хром, висмут, кадмий и цирконий в биосубстратах, принадлежащих подгруппе девочек группы 2 (рис. 3).

Принимая во внимание, что группа 2 представлена лицами, проживающими на территории, испытывающей минимальную техногенную нагрузку, а также отмеченную в литературе более выраженную зависимость от внешних условий (в т.ч. числе со стороны нагрузки токсичными ХЭ) параметров элементного гомеостаза у мальчиков [21], обнаруженные особенности могут отражать влияние факторов экспозиции, не учитываемых при формировании групп.

Для выделения ключевых параметров элементного статуса изучаемых групп выполнена классификация данных (рис. 4). Как видим, большинство наблюдений группы 1 классифицирует терминальная вершина под номером 3 с соответствующим решающим правилом классификации по величине концентрации меди, наибольшее количество наблюдений группы 2 – терминальная вершина 13 с условием классификации по величине концентрации стронция (рис. 4). В соответствии с половой принадлежностью



обследованных результаты выглядят следующим образом: в подгруппе девочек наблюдения групп 1 и 2 классифицированы соответственно одному критерию ветвления – концентрация меди; в подгруппе мальчиков критериями ветвления выступили – низкие уровни железа в подгруппе 1 и повышенные уровни олова в подгруппе 2.

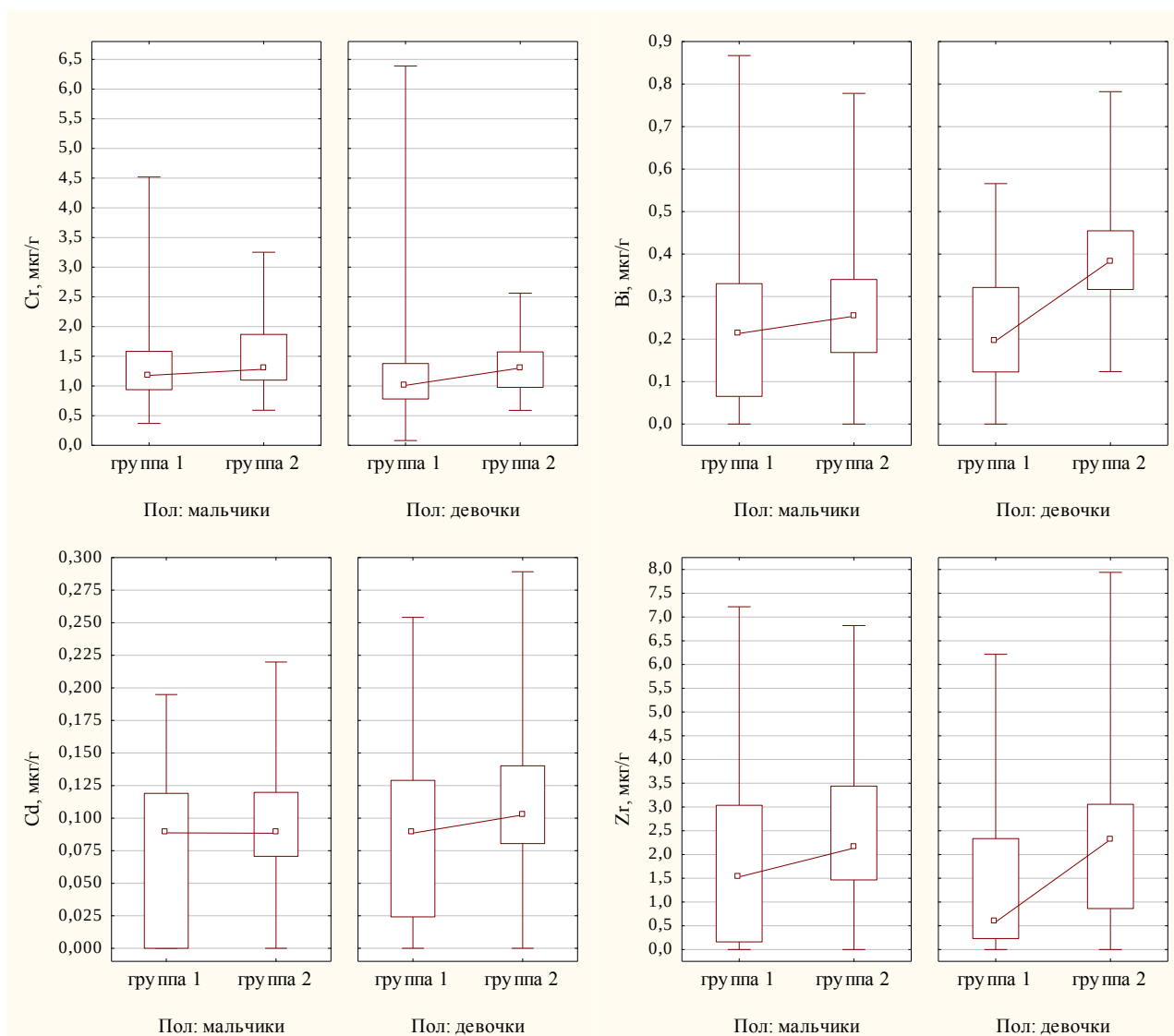
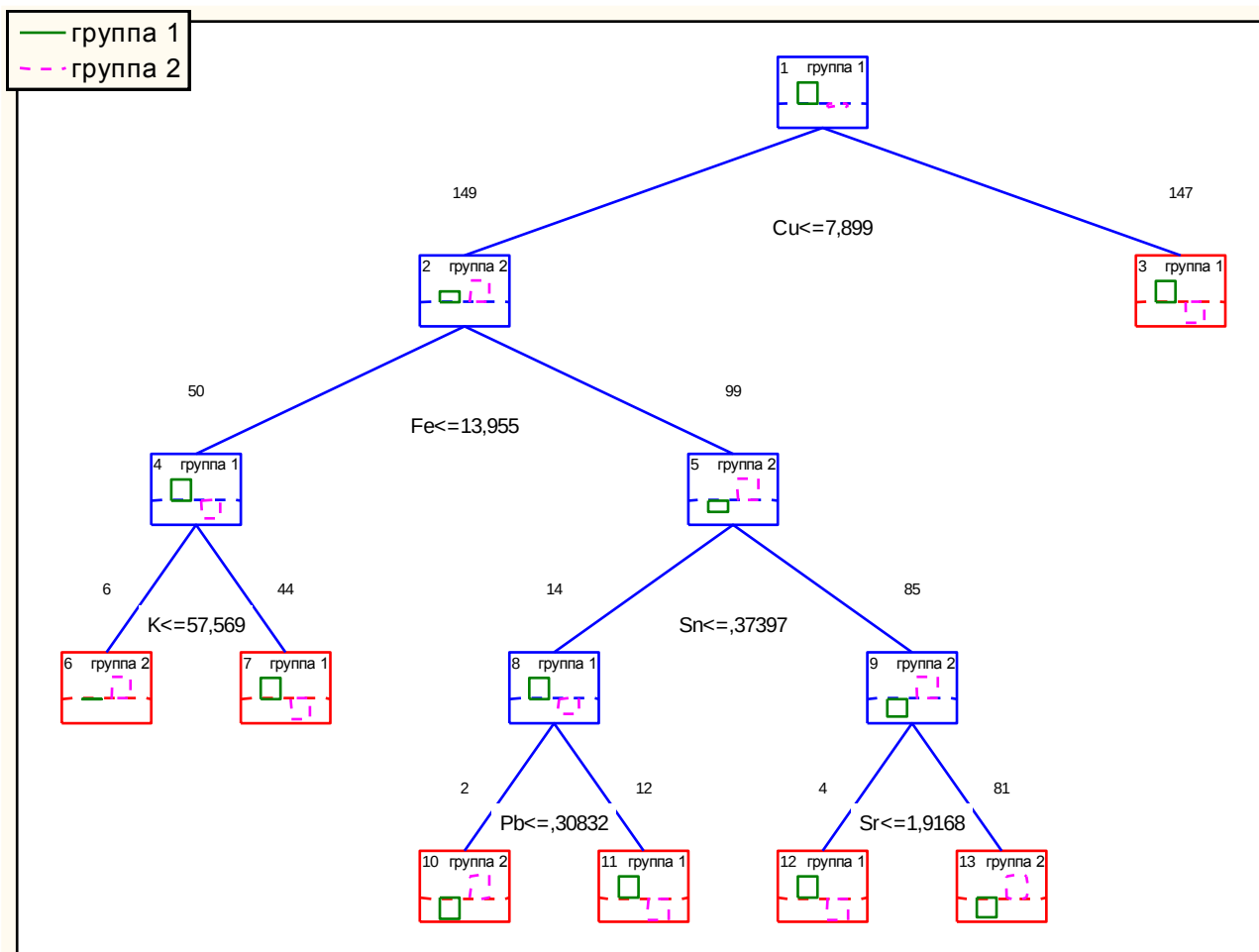


Рис. 3. Особенности распределения концентраций эссенциального ХЭ хрома и токсичных и условно токсичных ХЭ кадмия, висмута и циркония в биосубстратах обследованных групп

В целом, при отнесении наблюдений к одному из двух классов (группа 1/группа 2) значимыми предикторами выступили концентрация меди (статистически значимо более низкие показатели в группе 2, $p < 0,001$), железа (статистически значимо более высокие показатели в группе 2, $p < 0,001$), калия (показатели в группе 2 практически в 2 раза ниже таковых в группе 1, $p < 0,001$),



олова (уровни в группе 2 значительно выше таковых в группе 1, $p < 0,001$), свинца (группа 2 характеризуется более выраженной нагрузкой ХЭ, $p = 0,012/0,013$) и стронция (особенности упомянуты выше, статистическая значимость не выявлена).



Полный перебор вариантов по методу одномерного ветвления методом CART, цена кросс-поверки CV cost – 0,096711, стандартная ошибка кросс-поверки Std. error – 0,019803, цена обучающей выборки Resub. Cost – 0,029203.

Рис. 4. Дерево классификации данных элементного анализа волос обследованных лиц

Рассмотрим более подробно отмеченные детали с учетом имеющихся в литературных источниках сведений о референтных уровнях изученных ХЭ в рассматриваемых биосубстратах [25-27].

Железо. Биосубстраты детей, принадлежащих группе 2, характеризуются повышенным как по отношению к обследованным группы 1, так и по отношению к референтным уровням, содержанием железа и крайне низким – меди. По мнению авторов, указанное следует трактовать с учетом особенностей



естественной гидрогеохимической обстановки. В частности, речь идет о повышенных уровнях железа, как характерной черте изучаемых территорий. Водонесные горизонты с высоким ($>0,3$ мг/дм³) содержанием железа в воде распространены почти на 80% территории Республики Беларусь [28], а проблема обезжелезивания подземных вод хозяйственно-питьевого назначения на сегодняшний день не является окончательно решенной. Отметим, что полученные нами сведения о содержании железа в биосубстратах постоянно проживающих на данной территории взрослых лиц (женщины в возрасте от 21 до 49 лет, $n=8$) в полной мере подтверждают выдвинутую гипотезу и, более того, отражают тенденцию к накоплению данного элемента в организме обследованных. Концентрации железа в биосубстратах взрослого населения варьируются от 44,79 до 167,75 мкг/г ($Me=101,17$ мкг/г) и демонстрируют тесную связь с возрастом обследованных (коэффициент корреляции Спирмена $r=0,86$, $p=0,006$). Как видим, в то время как железодефицитные состояния продолжают оставаться важной медико-социальной проблемой, в нашем случае имеет место обратная ситуация, а именно, аккумуляция ХЭ в организме обследованных, что, подчеркнем, согласно сообщениям ряда исследователей, способно повлечь за собой развитие экологозависимых патологий [29].

Медь. Анализ имеющихся литературных данных о гомеостазе катионных микроэлементов позволил напрямую связать чрезвычайно низкие уровни меди в организме детей группы 2 с отмеченными выше избыточными концентрациями железа. Так, биодоступность меди определяется эффективностью всасывания ее в желудочно-кишечном тракте, и с большой степенью достоверности установлено, что высокие концентрации иных 2-валентных катионов, в том числе железа, в пище могут значительно ингибировать ее абсорбцию [30-32]. Как следствие, в нашем случае медиана меди в группе 2 составила 5,59 мкг/г ($Q_{25} = 5,17$; $Q_{75} = 6,35$ мкг/г) при референтном интервале 8-12 мкг/г, в группе обследованных взрослых соответственно – 7,79 мкг/г ($Q_{25}=6,84$; $Q_{75}=8,59$ мкг/г), условный референтный уровень – 9-14 мкг/г.

Свинец. Показатели содержания ХЭ демонстрируют тенденцию к повышенному накоплению свинца в биосубстратах группы 1, как относительно соответствующих уровней в группе 2 ($p=0,012$ (мальчики); $p=0,013$ (девочки)), так и относительно референтных величин. Медиана концентрации свинца в подгруппе мальчиков составила 1,93 мкг/г (группа 1) и 1,31 мкг/г – (группа 2), в



подгруппе девочек – 1,20 мкг/г (группа 1) и 0,86 мкг/г (группа 2). Обращает внимание присутствие экстремально высоких концентраций ХЭ. Так, максимальные уровни ХЭ в подгруппе мальчиков составили 31,21 мкг/г, в подгруппе девочек – 22,13 мкг/г. Выявленные статистически значимые различия могут быть обусловлены не только факторами избыточного поступления в организм, но и особенностями обмена конкурирующих с ним эссенциальных ХЭ (кальций, железо, цинк). В частности, усиление абсорбции железа при его сниженном статусе в организме сопровождается увеличением уровня абсорбции свинца [33,34].

Кадмий. Уровень кадмия в биосубстратах обследованных лиц группы 1 варьировал в диапазоне от величин нижнего предела обнаружения до 0,25 мкг/г ($Me = 0,09$ мкг/г), при этом концентрация кадмия в 50 % случаев находилась в диапазоне значений от 0,02 до 0,12 мкг/г. Близкие уровни кадмия были зафиксированы и в биосубстратах лиц группы 2: $Me = 0,10$ мкг/г ($Q_{25} = 0,07$ мкг/г; $Q_{75} = 0,13$ мкг/г) при максимальной величине 0,29 мкг/г. Сравнение средних показателей содержания кадмия в волосах жителей групп 1 и 2 выявило статистические значимые различия ($p=0,014$) между ними только в подгруппе девочек. При этом более высокими уровнями ХЭ в биосубстратах характеризовались представительницы группы 2. В целом, по итогам сопоставления абсолютных значений концентрации кадмия в волосах обследованных лиц с референтными величинами нагрузки данным ХЭ не выявлено.

Хром. Медиана содержания хрома как в группе 1 (1,15 мкг/г), так и в группе 2 (1,29 мкг/г) характеризует обе обследованные группы как имеющие повышенную нагрузку данным ХЭ. Распространенность величин превышающих референтные уровни ХЭ составила – $82,81 \pm 2,55$ % рассматриваемых случаев в группе 1 и $92,22 \pm 2,82$ % случаев – в группе 2. Статистически значимые различия между группами отмечены только на уровне подгруппы девочек ($Me = 1,01$ мкг/г – группа 1, $Me = 1,30$ мкг/г – группа 2, $p = 0,017$).

Кобальт. Фактические величины содержания ХЭ в биосубстратах превысили верхнюю границу референтных значений у $53,39 \pm 3,36$ % представителей группы 1 и $86,67 \pm 3,60$ % представителей группы 2. Сравнительный анализ средних показателей в группах подтвердил более выраженный характер накопления ХЭ среди обследованных группы 2. Медиана



содержания кобальта в биосубстратах представителей группы 1 (0,03 и 0,19 мкг/г – в подгруппах мальчиков и девочек, соответственно) статистически значимо отличалась от таковой среди представителей группы 2 (0,35 и 0,34 мкг/г), $p < 0,001$ и $p = 0,002$, соответственно.

Отмеченные выше уровни хрома и кобальта, выявленные в биосубстратах обследованных лиц, хорошо согласуются с литературными данными о показателях накопления ХЭ в организме населения, проживающего на территории некоторых районов с выраженным индустриальным профилем [35].

Серебро. Высокая распространенность среди детей обеих обследованных групп высоких уровней содержания в биосубстратах этого ХЭ ($87,78 \pm 2,20$ % (группа 1) и $96,67 \pm 1,89$ % (группа 2) обследованных имеют уровни выше верхней границы референтных величин) требует дальнейшего изучения. Необходимо подчеркнуть малую изученность этого ХЭ с точки зрения оценки уровней его накопления в различных природных средах в связи с антропогенезом, отсутствуют сведения о параметрах его миграции между различными звеньями биогеохимической цепи в пределах урбанизированных территорий.

Выводы.

С учетом критериев формирования групп обследованных лиц, на основании изложенного, можно заключить, что уровень техногенной трансформации в пределах изученных территорий не является определяющим фактором экспозиции токсичных и условно токсичных химических элементов на организм. Отмеченные особенности распределения концентраций ХЭ в изученных биосубстратах есть результат действия совокупности факторов накопления ХЭ в организме обследованных, действующих в пределах территорий проживания изучаемых групп. Характерное для ряда токсичных и условно токсичных ХЭ статистически значимо более высокое присутствие в организме обследованных, проживающих на территории с минимальным проявлением техногенеза может свидетельствовать о значительной роли воздушного переноса в миграции поллютантов, а также о действии на территории указанного региона многокомпонентных по своему составу рассеянных источников, в том числе бытового происхождения.

Выявленные характерные особенности распределения концентраций ХЭ в организме обследованных популяций, представляющих различные регионы,



подтверждают положение о присутствии региональных особенностей показателей элементного профиля. Полученные данные свидетельствуют о важности учета фактических сведений о биогеохимических условиях территорий проживания на этапе предваряющем практические шагив решении обозначенных в данной работе проблем. Это является ключевым моментом с позиций эффективности планируемых профилактических, корректирующих мероприятий, но и необходимым условием обеспечения экологической безопасности популяции в целом и ее фокусных групп в отдельности.

**KAPITEL 8 / CHAPTER 8.****ENERGY-SAVING TYPES OF HEATING FOR CREATING REGULATED AND COMFORTABLE HEAT REGIME OF RESIDENTIAL AND PUBLIC BUILDINGS****ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ВИДЫ ОТОПЛЕНИЯ ДЛЯ СОЗДАНИЯ НОРМИРОВАННОГО И КОМФОРТНОГО ТЕПЛООВОГО РЕЖИМА ЖИЛЫХ И ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ****DOI: 10.30888/978-3-9821783-0-1.2020-01-01-071****Введение.**

Повышение энергетической эффективности жилых и общественных зданий является, как известно, одним из важнейших направлений энергосбережения в коммунальной теплоэнергетике. В последний период особое внимание к различным аспектам данной проблемы наблюдается в странах ЕС. Согласно основным требованиям новой европейской директивы по энергетическим характеристикам зданий, все новые здания должны полностью соответствовать показателям так называемых «зданий с нулевым потреблением энергии».

Практическая реализация концепции строительства «зданий с нулевым потреблением энергии», как очевидно, требует чрезвычайно больших затрат и поэтому по мнению ряда исследователей в настоящее время не может рассматриваться в качестве доминирующего направления при планировании ближайшего энергетического будущего. Ввиду этого в данный период к числу важнейших задач может быть отнесено повышение энергетической эффективности зданий путем внедрения прогрессивных систем теплоснабжения.

Одним из перспективных направлений решения такой задачи является широкое применение электроотопления, обладающего целым рядом известных достоинств. При этом в зависимости от конкретных условий рациональным оказывается применение различных способов использования электроэнергии для отопления зданий. В странах с развитой атомной и гидроэнергетикой эффективным является применение систем электроотопления соответственно аккумуляционного и прямого действия. Применительно к конкретным ситуациям оптимальные системы теплоснабжения на основе кабельного электроотопления, ИК-нагрева, тепловых насосов, гидродинамического нагрева.

Особый интерес для Украины представляет дальнейшее распространение



теплоаккумуляционного напольного электроотопления. Одним из важных факторов, обуславливающих высокую энергетическую эффективность этого вида отопления, является использование при осуществлении аккумуляции теплоты ночного тарифа на электроэнергию.

Перспективность применения напольного отопления связана также с тем, что в этом случае создаются комфортные тепловые условия для человека, когда температура на уровне ног составляет 26 - 28 °С, а на уровне головы 18 - 20 °С.

В рамках данной работы формируются основные условия тепловой комфортности жилых и общественных зданий. Определённое внимание уделяется анализу характеристик различных видов их отопления. Анализируются температурные режимы помещений при теплоаккумуляционном напольном электроотоплении.

Основная часть

2.1. Нормативные параметры теплового режима помещений при теплоаккумуляционном электроотоплении.

Ниже рассматриваются параметры температурного состояния помещений, отапливаемых электрической кабельной системой отопления теплоаккумуляционного типа (ЭКСО-ТА). При данном способе отопления указанное температурное состояние нормируется следующими документами: 1) ДБН В.2.2-15-2005 «Жилые здания. Основные положения», разработанными КиевЗНИИЭП; 2) ДБН В.2.6-31:2006 «Конструкції будівель і споруд. Теплова ізоляція будівель», разработанными НИИСК и отделом строительной теплофизики КиевЗНИИЭП, взамен СНиП II-3-79** «Строительная теплотехника. Нормы проектирования» и «Изменения №1», разработанного КиевЗНИИЭП, 3) СНиП 2.04.05-91* «Отопление, вентиляция и кондиционирование» и «Изменения №1» к нему, разработанного КиевЗНИИЭП; 4) ДБН В.2.5-24-2003 «Электрическая кабельная система отопления», разработанными с участием авторов.

Эти документы нормируют значения следующих тепловых параметров:

1) среднесуточной температуры воздуха внутри помещения $t_{cp}^{норм}$ от 17 до 20 °С;

2) среднесуточной амплитуды колебаний температуры воздуха внутри помещения $\pm 2,5^{\circ}\text{C}$;

3) средней по времени температуры внутренней поверхности пола в период использования помещения при постоянном пребывании людей 28 °С и



временном пребывании 31°C;

4) максимальной температурой внутренней поверхности пола в период использования помещения, допустимое значение которой не нормируется, а определяется другим нормированным параметром

$$T_E^{норм} \leq 4K \cdot \psi, \quad (1)$$

который характеризует, перегрев помещения по сравнению с нагревом в соответствии с нормами. Величина этого параметра выражается соотношением[1]

$$T_E = (\Theta_{F_{max}} - \Theta_{F_{сред}}^{норм}) \Delta\tau / 2, \quad (2)$$

где $\Delta\tau$ - продолжительность превышения максимальной температуры поверхности пола по отношению к нормированной средней в период $\Theta_{F_{сред}}^{норм}$ использования помещения.

Воздушный режим помещений жилых и общественных зданий регламентируется, с одной стороны, нормами естественной вентиляции [1], согласно которым в комнаты должен поступать свежий воздух из расчета 3 м³/ч на 1 м² площади пола (эквивалент нормы однократного воздухообмена). С другой стороны, действующие нормы инфильтрации воздуха [2] устанавливают приток воздуха через притворы в окнах в размере 6 кг/(м²·ч), что для большинства зданий составляет примерно 1/4 необходимого для вентиляции количества воздуха. Для компенсации остальной 3/4 части дефицита поступающего воздуха с улицы, окна старого отечественного образца снабжаются форточками, а в окнах новых конструкций устраиваются вентиляционные щели в их коробках или створках, через которые осуществляется проветривание; при этом относительная влажность воздуха нормируется величиной, равной $\phi^{норм} = 55\%$.

2.2. Условия тепловой комфортности жилых и общественных зданий

Тепловой режим жилых и общественных зданий в строительной теплофизике характеризуется 2-я условиями тепловой комфортности [3, 4]. Датский ученый Фангер П.О. дополнил их третьим условием, определяющим возможность регулирования теплового комфорта для субъективного ощущения его человеком.



Первое условие тепловой комфортности

Это условие характеризует общую температурную обстановку в помещении и устанавливает зону оптимальных сочетаний температуры воздуха t_{cp} и радиационной температуры t_R , при которых человек, находясь в центре помещения, не испытывает чувства перегрева или переохлаждения. Радиационную температуру определяют как осредненную температуру i -ых поверхностей, окружающих человека, по коэффициентам облученности φ_i [3, 4]

$$t_R = \sum_{i=1}^7 \varphi_i t_i / \sum \varphi_i, \quad (3)$$

где знаменатель по свойству замкнутости лучистых потоков равен 1.

Исключение составляют случаи, при которых нагретая или охлажденная поверхность в помещении расположена в двух или более плоскостях, например, две наружные стены в угловой комнате или перегородочная отопительная панель в двух внутренних конструкциях помещения. Поэтому для исследуемого углового помещения с двумя наружными стенами, расположенными в двух плоскостях, радиационная температура помещения определяется как средневзвешенная по площадям окружающих человека поверхностей

$$t_R^{ср\text{едн}} = \sum_{i=1}^7 F_i t_i^{ср\text{едн}} / \sum_{i=1}^7 F_i, \quad (4)$$

где $t_i^{ср\text{едн}}$ – среднесуточные температуры внутренних поверхностей i -ых ограждающих конструкций; F_i – их площади.

Для помещений с небольшой подвижностью воздуха вместо сочетания его температуры с радиационной используется температура помещения t_n

$$t_n = 0,5(t_{cp} + t_R). \quad (5)$$

Комфортная температурная обстановка в помещениях возможна при различных сочетаниях температуры воздуха и радиационной температуры. В холодный период года, когда теплоотдачу человека излучением и конвекцией можно принять равной $Q_q^{л+к} = 87$ Вт, соотношение между указанными температурами определяется из уравнения лучисто-конвективного теплообмена человека [3, 4]

$$Q_q^{л+к} = F_q^л \alpha_л (\tau_q - t_R) + F_q^к \alpha_к (\tau_q - t_{cp}),$$

где $F_q^л$ и $F_q^к$ – площади теплоотдающих поверхностей тела человека, соответственно, при лучистом и конвективном теплообмене; $\alpha_л$ и $\alpha_к$ – средние



по площадям F_q^{λ} и F_q^{κ} коэффициенты лучистой и конвективной теплоотдачи на внутренних поверхностях ограждений; τ_q - средняя температура поверхности одетого человека.

При параметрах, равных $\tau_q=25^{\circ}\text{C}$; $\alpha_{\kappa}=2,3 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$; $\alpha_{\lambda}=5,1 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$; $F_q^{\kappa}=1,9 \text{ м}^2$; $F_q^{\lambda}=1,7 \text{ м}^2$, последнее уравнение упрощается до вида уравнения, определяющего I-е условие комфортности помещения для жилых и общественных зданий

$$t_R = 29 - 0,57t_{cp} \quad (6)$$

Это уравнение согласуется с данными гигиенических испытаний в специальной камере, полученными Пономаревой Н.К. [5]. Испытания показали, что сочетания t_{cp} и t_R , отвечающие комфортным условиям, отклоняются от средних значений примерно на $\pm 1,5^{\circ}\text{C}$

$$t_R = 29 - 0,57t_{cp} \pm 1,5. \quad (7)$$

Преобразуем формулу (7), используя температуру помещения t_n , соответствующую оптимальным условиям при разной интенсивности выполняемой человеком физической работы. По данным о благоприятной эксплуатации зданий температура помещения равна при спокойном состоянии человека 23°C , при легкой работе 21°C , при умеренной $18,5^{\circ}\text{C}$ и при тяжелой 16°C . Температура помещения при спокойной и легкой работе выражается осредненно формулой (5). При выполнении всех видов работы, включая умеренную и тяжелую, I-е условие комфортности помещения представимо в виде

$$t_R = 1,57t_n - 0,57t_{cp}, \quad (8)$$

откуда температура помещения в общем случае определяется следующим образом

$$t_n = 0,64t_R + 0,36t_{cp}. \quad (9)$$

Рисунок 1 иллюстрирует зависимость $t_R = f(t_{cp})$, отвечающую 1-му условию комфортности помещений. Здесь линия У соответствует условиям выполнения умеренной работы при температуре помещения $t_n = 18,5^{\circ}\text{C}$. Оптимальным является случай, когда температура воздуха и радиационная температура равны и составляют по $18,5^{\circ}\text{C}$ [1], что на сплошной линии У обозначено точкой; пунктиром выделены верхняя и нижняя границы отклонений на $\pm 1,5^{\circ}\text{C}$ от их



комфортных сочетаний согласно (7), и показана заштрихованная область допустимых отклонений. Сплошные линии L и T на рисунке соответствуют выполнению легкой (L) и тяжелой (T) работы. Оптимальные случаи $t_R = t_{cp}$ на этих линиях также обозначены точками.

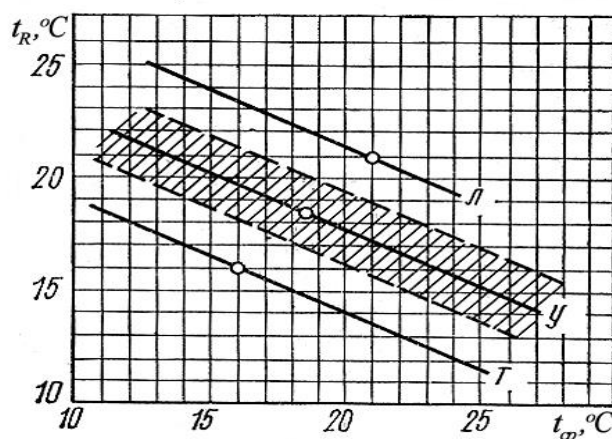


Рис. 1. Зависимость $t_R = f(t_{cp})$, согласно первому условию тепловой комфортности для зимнего периода: T – при тяжелой работе; U – умеренной; L – легкой; заштрихованная область отвечает допустимым отклонениям при умеренной работе [4]

Второе условие комфортности. Данное условие ограничивает интенсивность теплообмена при положении человека вблизи нагретых и охлажденных поверхностей. Для исследуемого помещения с электрополом такими являются нагретая внутренняя поверхность пола и холодная внутренняя поверхность остекления окна. Допустимые значения температур их поверхностей определяются тепловыми ощущениями человека. Показано [6], что тепловые ощущения человек воспринимает по-разному различными участками тела. При этом решающее значение имеют голова и стопы ног.

Температура потолка. Критерием максимальной температуры поверхности потолка является интенсивность лучистого теплообмена для наиболее чувствительной к радиационному перегреву участку тела человека – его головы. Радиационный баланс ее поверхности - всегда отрицательным, это значит, что каждая часть поверхности головы отдает теплоту излучением, а не воспринимает ее. Исследованиями ученых Малышевой А.Е., Миссенара А. [7] установлено, что допустимый при комфортных тепловых условиях результирующий лучистый тепловой поток для элементарной площадки на поверхности головы должен быть не менее $11,6 \text{ Вт/м}^2$ при нагреве и до $70...93$



Вт/м² - при охлаждении. При этом рекомендуется обеспечивать температуры потолка в зависимости от его размеров и высоты помещения в пределах 25...70°C.

Температура стен. При расположении греющих элементов в стенах в качестве расчетного принимают положение человека на расстоянии 1 м от нагретой поверхности. Допустимая температура при указанной выше минимально допустимой теплоотдаче излучением 11,6 Вт/м² [3, 4] определяется:

$$\tau_{cm}^{don} \leq 19,2 + 8,7 / \varphi_{ч-ст}, \quad (10)$$

где $\varphi_{ч-ст}$ - коэффициент облученности со стороны элементарной площадки поверхности тела человека в сторону греющей стены на расстоянии x от человека

$$\varphi_{ч-ст} = 1 - 0,8(x/l), \quad (11)$$

$l = \sqrt{F}$ - характерный размер стены. Значения φ определяются из рис. 2 [4]. Допустимая температура нагретых поверхностей - в пределах 35...40°C.

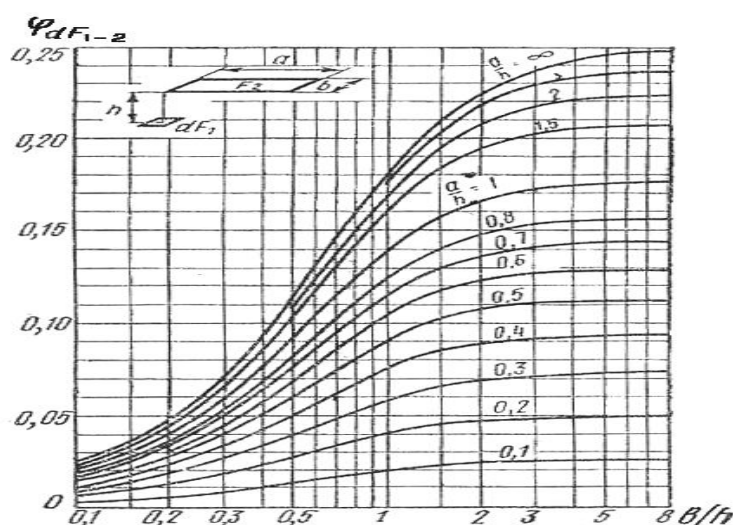


Рис. 2. Коэффициент облученности с элементарной площадки dF_1 на поверхность F_2 , расположенную в параллельной плоскости [4]

Уравнение для определения допустимой температуры на холодной поверхности стены в помещении при допустимой теплоотдаче излучением в сторону этой поверхности равной 70 Вт/м², имеет вид [3, 4]

$$\tau_{cm}^{don} \geq 23 - 5 / \varphi_{ч-ст}. \quad (12)$$



При расчете допустимой температуры на поверхности остекления окна, под которым расположен нагревательный прибор традиционного отопления, теплоотдача человека излучением не должна превышать 93 Вт/м².

$$\tau_{ок}^{don} \geq 14 - 4,4 / \varphi_{ч-ок} . \quad (13)$$

На холодной поверхности в помещении недопустима конденсация водяных паров, и температура холодной поверхности должна быть выше температуры точки росы воздуха в помещении.

Температура пола. Среди ограждений помещения пол занимает особое положение, так как речь идет о контактной поверхности ног человека с поверхностью пола, что имеет важное значение для теплового баланса человеческой стопы. Допустимая температура нагретой поверхности пола определяется по формуле [3, 4]

$$t_{пл} = 55,7 - 1,63t_{cp,1}, \quad (14)$$

где $t_{cp,1}$ – температура воздуха в помещении на высоте 1 м от пола, которая обычно выше расчетной на 1...2 °С. Эта формула выведена по результатам исследований А. Миссенара [7] и Р. Манкея [8], основанных на опросе значительного количества людей.

Ноги человека, как известно, очень чувствительны к переохлаждению и перегреву поверхности пола, а также к холодным потокам воздуха вдоль него - сквознякам. Зимой температура поверхности пола не может быть ниже температуры воздуха помещения на 2...2,5°С. При расчетах принимаются условия продолжительности контакта босой ноги с полом не более 2 мин. Температура поверхности ног при контакте с полом может понизиться от первоначальной температуры голы стопы человека 33 °С до минимально допустимой 28 °С. Поэтому применение формулы (14) ограничено предельными значениями температуры поверхности пола. Эти ограничения учитывают тип обуви. Предельные значения температуры поверхности пола для голы стопы равны 33 °С, для обуви с тонкой подошвой 36...38 °С и для обуви с толстой подошвой 45...48 °С. Для примера, в Германии [9], приняты следующие нормированные значения температуры поверхности греющего пола: для помещений, в которых люди находятся в стоячем положении – 27°С; для жилых комнат и офисов – 29 °С; для вестибюлей и коридоров – 30 °С; для ванн и бассейнов – 33 °С; для помещений, в которых люди пребывают редко – 35 °С.



Нормированное среднее по времени значение температуры поверхности электропола жилых и общественных зданий в Украине в период использования помещения представлено в ДБН В.2.5-24-2003 «Электрическая кабельная система отопления» [1] и равно 28 °С. Допустимая максимальная температура поверхности электропола ограничена нормированным параметром $T_E^{норм} \leq 4K \cdot ч$, который вычисляется по формуле (2). Допустимая комфортная температура поверхности пола не может превышать температуру голый стопы человека 33 °С

Третье условие комфортности. Датским ученым, проф. Фангером П. О. [10] при построении энергетического баланса организма человека, учтено значительное количество параметров микроклимата и индивидуальных особенностей человека. Важными критериями, определяющими степень комфортности в помещении, по мнению Фангера П. О. и его учеников Бурцева С.И., Цветкова Ю.М. и др., являются субъективные ощущения людей, которые зависят от многих факторов: активности человека, его массы, роста, состояния здоровья, питания, возраста, одежды и т.д. Если состояние человека будет отличаться от стандартного, например, при использовании теплой одежды, значительной физической активности и пр., то это приведет к тому, что температура в помещении не будет комфортной для него, несмотря на выполнение I-го и II-го условий комфортности. В связи с этим, Фангер П.О. ввел III-е условие комфортности: параметры внутреннего микроклимата должны иметь возможность индивидуального регулирования с целью создания субъективного ощущения комфорта человеком.

2.3 Сравнительный анализ различных видов отопления помещений жилых и общественных зданий

К конвективному, как известно, относят отопление, при котором температура воздуха превышает радиационную температуру помещения, а к лучистому – отопление с обратным соотношением радиационной температуры и температуры воздуха. На рис. 3 [11] приведены различные системы отопления, упорядоченные согласно процентному отношению передачи тепла: а) излучением (л) - точечные излучатели, излучающие полосы, поверхностные излучатели (потолочные, стеновые, напольные); б) конвекцией (к) - нагревательные приборы с чугунными и стальными ребрами (радиаторы), конвекторы. На рисунке линия, обозначенная «Ч», которая определяет



изменение пропорций тепла, отдаваемого человеком в зависимости от типа нагревательных приборов, отапливающих помещение. Так, при использовании излучающих приборов в результате повышения радиационной температуры помещения уменьшается доля тепла, которую человек теряет излучением, и, наоборот.

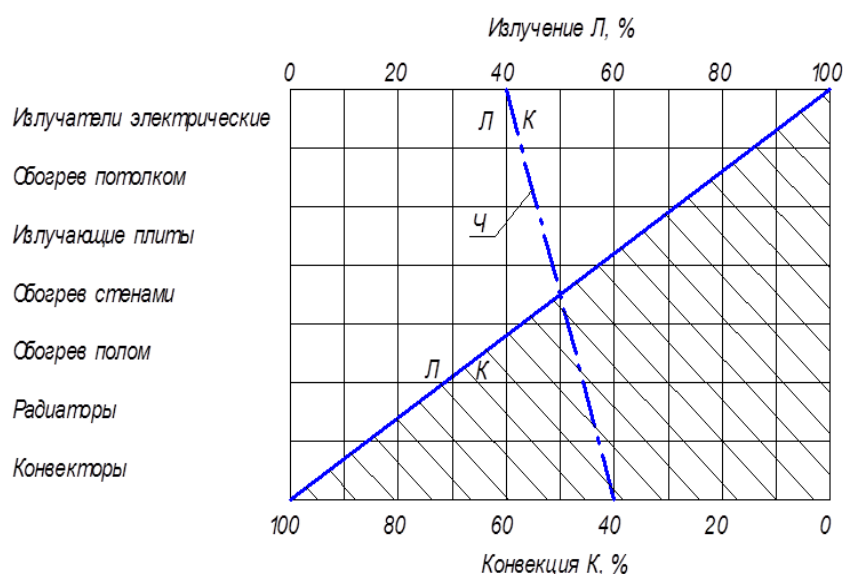


Рис. 3 Виды отопления, упорядоченные согласно доли теплоты, отдаваемой излучением L и конвекцией K

В жилых и общественных зданиях применяются системы отопления с разной долей теплоотдачи излучением и конвекции. Среди них наибольшее распространение получили радиаторы и, в меньшей степени, лучистые греющие поверхности – потолок, пол и стены. Рассмотрим несколько подробнее особенности различных видов отопления.

Традиционное отопление конвективными нагревательными приборами

Различные конструкции рассматриваемых нагревательных приборов можно классифицировать следующим образом:

1. Пластинчатые приборы, имеющие в этой группе наибольшую степень теплового излучения, доля которого - 30...35 % общей тепловой мощности.
2. Радиаторы, имеющие ребра, в результате частичного затенения с точки зрения теплового излучения, с греющей поверхности отдают 10...15 %.
3. Нагревательные приборы с воздушными каналами, которые с конструктивной точки зрения являются переходной формой между вышеуказанными приборами и конвекторами, доля излучения составляет 4...8%.



4. Конвекторы с гравитационным и вентиляторным движением воздуха можно отнести к воздушному отоплению с долей излучения, близкой к нулю.

В помещениях с радиаторами и конвекторами наблюдается постоянное движение воздуха. Скорость конвективного движения практически не ощущается человеком ($v \leq 0,2$ м/с). Однако циркуляция воздуха в помещении имеет важное значение, в части формирования распределения температуры в помещении. На рис. 4 представлена схема конвективного движения и распределение температуры воздуха в помещении при различных положениях радиатора. Из анализа рисунка видно, что при отоплении помещений радиаторами большое значение для температурного распределения воздуха имеет расположение прибора и наличие его возможного оснащения, регулирующего движение конвективных токов.

Виды лучисто-конвективного отопления помещений греющими поверхностями. В помещениях зданий лучистый теплообмен всегда сопровождается конвекцией, а отопление является лучисто-конвективным. Как показано на рис. 4, на величину конвективной составляющей оказывает влияние расположение нагревательных элементов в помещении. С этой точки зрения рассмотрим влияние на величину лучистой составляющей теплообмена особенностей обогрева помещения различными поверхностями.

Потолочное отопление. В отличие от греющих поверхностей пола и стен, которые относительно излучения могут затеняться мебелью или другими предметами в помещении, греющая поверхность потолка является свободной и, находясь в верхней зоне помещения, излучает 70...75 % количества тепла, которое попадает на поверхность головы человека, чувствительной к перегреву; 25...30 % составляет конвективное тепло, которое создает нежелательную верхнюю воздушную тепловую «подушку». Поэтому расчетная тепловая нагрузка на 1 м^2 потолочной системы отопления ограничена до 80...110 Вт/м².

Напольное отопление. При обогреве помещения полом теплоперенос конвекцией увеличивается по сравнению с потолочным отоплением, и на долю излучения приходится 30...55 %. Основным требованием при обогреве полом является ограничение температуры поверхности пола в зоне постоянного пребывания людей до 26...28 °С [4, 1]. Условия теплового комфорта при контакте ног человека с полом ограничены допустимой температурой голый



стопы человека 33°C. Такие требования приводят к тому, что удельная тепловая нагрузка напольной системы отопления ограничивается 70...100 Вт/м².

Стеновое отопление. Дополнительный обогрев помещения внутренними стенами приводит к увеличению капитальных затрат. Повышать температуру поверхностей наружных стен нежелательно, так как увеличиваются теплопотери через них. Только внутренние стены не могут обеспечить равномерный обогрев помещения, особенно вблизи наружных стен и окон. При обогреве стенами, в зависимости от их высоты, излучением передается 40...60% всего тепла [11].

Преимущества лучисто - конвективного отопления перед конвективным. По результатам экспериментальных исследований Пономаревой Н.К., Ральчук Н.Т. и др. [5, 6] показано, что преимущества в действии на человека лучисто-конвективного отопления перед конвективным состоят в следующем:

1. При лучисто-конвективном отоплении радиационная температура помещения выше на 2...3 °С, чем температура воздуха. Поэтому излучение тепла открытыми поверхностями кожи человека меньше, чем при обогреве помещения традиционным конвективным отоплением, а комфортные тепловые ощущения достигаются в случае лучистого отопления при температуре воздуха более низкой, чем при конвективном.

На основании гигиенических исследований, проведенных с применением лучисто-конвективных системам отопления НИИ коммунальной гигиены Министерства здравоохранения Украины установлено, что температура воздуха в помещениях может быть ниже примерно на 2 °С в сравнении с расчетными температурами, которые допускаются СНиП для жилых зданий, где отопительными приборами служат радиаторы. Возможность сохранения нормальных тепловых ощущений при более низкой температуре воздуха помещения является важной как с точки зрения экономии тепла на отопление, так и с гигиенической точки зрения, поскольку согласно выводам физиологов, значительно полезнее дышать более холодным воздухом, чем теплым.

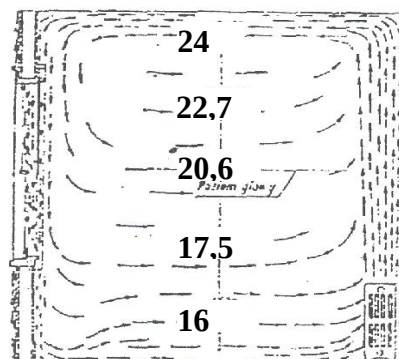
2. При лучисто-конвективном отоплении наибольшее количество тепла теряется человеком путем конвекции, что благоприятно отражается на его самочувствии.

3. Скорость движения воздуха при лучисто-конвективном отоплении всегда ниже, чем при конвективном.

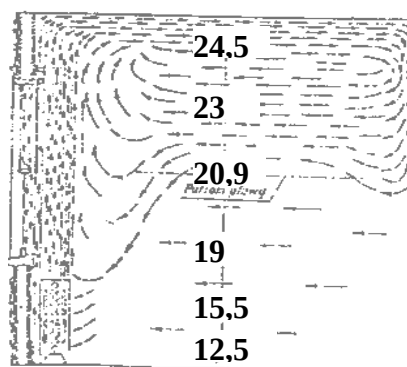


4. При лучисто-конвективном отоплении помещения в холодное время можно проветривать гораздо дольше, чем при конвективном отоплении, так как большая теплоемкость значительных по площади обогреваемых конструкций гарантирует быстрое восстановление нормированной температуры воздуха.

а) неприкрытый радиатор, расположенный у внутренней стены;



б) неприкрытый радиатор, расположенный под окном стены;



в) прикрытый радиатор, расположенный под окном стены

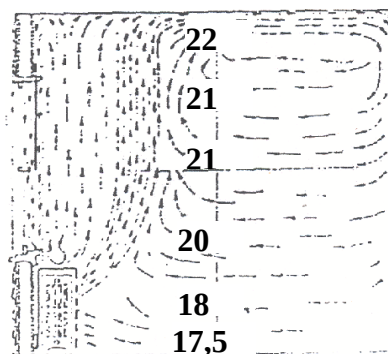


Рис. 4 Схемы конвективного движения воздуха и распределение температуры в помещении при температуре воздуха вне здания $t_n = 18,5^\circ\text{C}$:

Основное преимущество лучисто-конвективного отопления состоит в том, что умеренное и равномерное воздействие лучистого тепла на людей при уменьшенном собственном излучении при пониженной температуре воздуха по сравнению с нормированной создает бодрое и приятное самочувствие[12].

Определим наиболее выгодное расположение конструкций – потолка, стен или пола при лучисто-конвективном отоплении.



Распределение температуры воздуха в помещении при лучисто-конвективном отоплении. Важнейшим фактором комфорта является помимо величина средней температуры воздуха в помещении, ее равномерное распределение. Люди, находящиеся в отапливаемом помещении, не должны ощущать колебаний температуры по высоте, длине, ширине помещения и во времени, а также влияния конвективных токов воздуха и теплообмена излучением между предметами и ограждающими конструкциями [6].

Распределение температуры воздуха по высоте. В литературных источниках [12, 9] приводятся данные о распределениях температуры воздуха по высоте помещения при использовании различных отопительных приборов. Из рис. 5 видно, что при напольном отоплении зданий наблюдается практически равномерный по высоте температурный профиль, который близок к идеальному [13]. Рис. 6 иллюстрирует распределение температуры воздуха по высоте помещения при различных видах отопления. Графики показывают, что кривая распределения температур при напольном отоплении наиболее близка к идеальной, кривая воздушного отопления - наиболее удалена от нее.

Распределение температур в плане помещения. Отопление потолком и полом дают близкое к равномерному распределению температур в плане помещения. При отоплении стенами увеличивается неравномерность температурного распределения, как в плане, так и по высоте помещения. Это объясняется появлением восходящих конвективных токов вблизи вертикальных нагретых поверхностей.

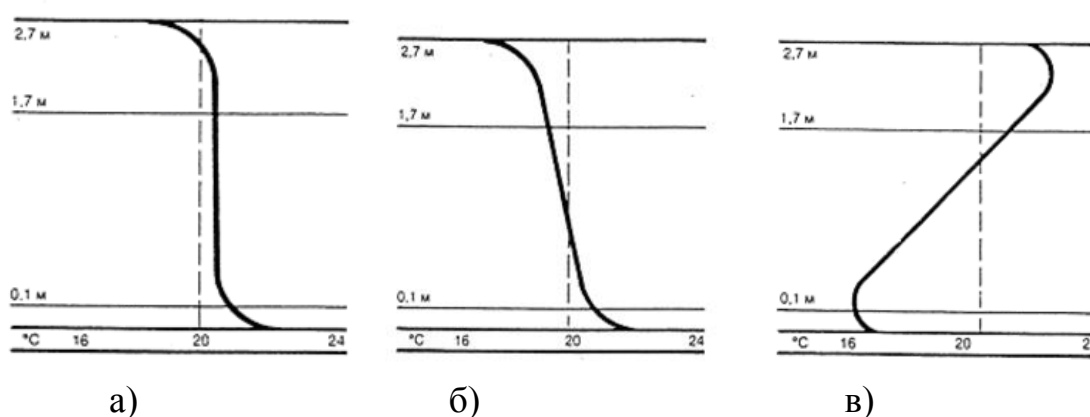


Рис. 5 Характер температурных профилей по высоте помещения при:
а) напольном отоплении; б) идеальном распределении температуры; в)
радиаторном отоплении



Преимущества отопления полом перед потолочным и стеновым

Анализ лучисто-конвективного отопления различными поверхностями помещения показал, что при потолочном обогреве лучистое тепло непосредственно поступает на поверхность головы человека. При стеновом обогреве увеличиваются теплопотери через наружные стены и уменьшается температура пола за счет увеличения скорости восходящих потоков воздуха. Напольное отопление является наиболее совершенным, так как при нем наблюдается равномерное распределение температур в плане помещения, достигается комфортное распределение температур по высоте помещения, уменьшается теплоотдача от поверхности стоп ног человека и увеличивается от головы – выполняется принцип «ноги в тепле, голова – в холоде». При этом температура в помещении на уровне ног составляет 26...28°C, а на уровне головы 18...20°C. Ни одна из систем отопления, кроме напольной, не обеспечивает столь комфортное температурное распределение.

К преимуществам напольного отопления относится также упомянутая возможность понижения температуры воздуха помещения.

2.4 Оценка нормированных и комфортных температур помещений при теплоаккумуляционном напольном электроотоплении

В работе предложена методика "Оценки и сравнения теплового режима помещения при напольной лучисто-конвекционной ЭКСО-ТА и традиционной конвекционной системе", согласно которой оценка теплового режима помещения проводится только по двум обобщающими параметрами, а именно, по среднесуточным нормированной и комфортной температуре помещения независимо от вида системы отопления. В качестве примера, для исследуемой угловой комнаты с напольной ЭКСО-ТА значение этих температур были определены по ее известным параметрам при отоплении традиционной водяной системой и рассчитаны по формуле температуры помещения (9), задаваясь среднесуточными значениями:

а) нормируемой температуры воздуха в помещении 20° С (согласно ДБН В.2.2-15-2005 "Жилые здания") - для нахождения нормированной температуры помещения

$$t_{\text{п}}^{\text{норм}} = 0,64 (20 - 3,5) + 0,36 \cdot 20 \approx 17,5^{\circ}\text{C}; \quad (15)$$

б) комфортной температуры воздуха в помещении 22° С (по санитарно-гигиеническим исследованиям) - для расчета комфортной температуры



помещения

$$t_{\text{п}}^{\text{комф}} = 0,64 (22 - 3,5) + 0,36 \cdot 22 \approx 20^{\circ}\text{C} \quad (16)$$

Поскольку данные указанных ДБН и гигиенических исследований касаются типичных (с одной внешней стеной) помещений, то для угловой комнаты (с двумя внешними стенами) при низких отрицательных температурах воздуха снаружи зданий в приведенных формулах (15), (16) значение радиационной температуры принимается равным $t_{\text{R}} = t_{\text{ср}} - 3,5^{\circ}\text{C}$.

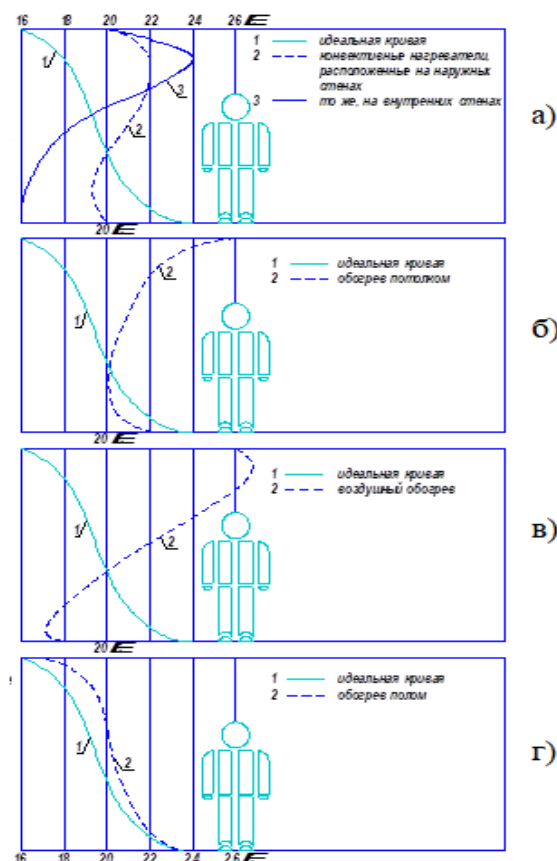


Рис. 6 Распределение температуры воздуха по высоте помещения при различных видах отопления: а) системы централизованного отопления; б) обогрев потолком; в) воздушный обогрев; г) обогрев полом

В качестве примера применения предложенной методики на рисунках 7, 8, 9 представлены значения текущей и среднесуточной температуры помещения, воздуха и радиационной температуры при толщине бетонного слоя пола $\delta_{\text{б,ш}} = 90$ мм. Из приведенных графиков видно:

1) нормированные среднесуточные температуры при $t_3 = -5,9^{\circ}\text{C}$ и $t_3 = [-5,9 + 2,65 \cos 2\pi/T(\tau - 3,8)]^{\circ}\text{C}$ (рис. 7, 8) обеспечиваются; при этом значения



экспериментальных температур помещения составляют $17,87^{\circ}\text{C}$ и $19,16^{\circ}\text{C}$ (прямые 6), что больше нормированной, равной $17,5^{\circ}\text{C}$, а незначительные по величине ($\pm 1,67^{\circ}\text{C}$ и $\pm 1,43^{\circ}\text{C}$) амплитуды колебания их текущих температур меньше нормированного $\pm 3^{\circ}\text{C}$.

Последнюю определяем по нормированной санитарно-гигиенической амплитуде колебания температуры воздуха в помещении $\pm 3^{\circ}\text{C}$, поскольку из приведенных графиков видно, что текущие температуры воздуха и температуры помещения совершают колебания с одинаковыми амплитудами;

2) нормированная среднесуточная температура помещения при $t_3 = -25^{\circ}\text{C}$ составляет $19,58^{\circ}\text{C}$ (рис. 9, прямая 6), что больше нормированной, равной $17,5^{\circ}\text{C}$, однако ее среднесуточная амплитуда колебания $\pm 3,42^{\circ}\text{C}$ больше нормированной $\pm 3^{\circ}\text{C}$, что приводит к резким колебаниям;

3) текущей температуры помещения от 23°C до $16,16^{\circ}\text{C}$ (кривая 5).

При этом отношение нормированной амплитуды колебаний температуры помещения $A_{t,п}^{\text{норм}} = \pm 3^{\circ}\text{C}$ (при неизвестной нормированной температуре воздуха снаружи зданий) к экспериментальному значению этой амплитуды $A_{t,п}^{\text{екс}} = \pm 3,42^{\circ}\text{C}$ (полученной при минимальной для Украины расчетной отопительной температуре воздуха снаружи зданий $t_{3,р}^{\text{екс}} = -25^{\circ}\text{C}$) при одинаковых нормированных и экспериментальных температурах внутри помещения $t_{\text{ср}}^{\text{норм}} = t_{\text{ср}}^{\text{екс}} = 18^{\circ}\text{C}$, с учетом коэффициента мощности отопления

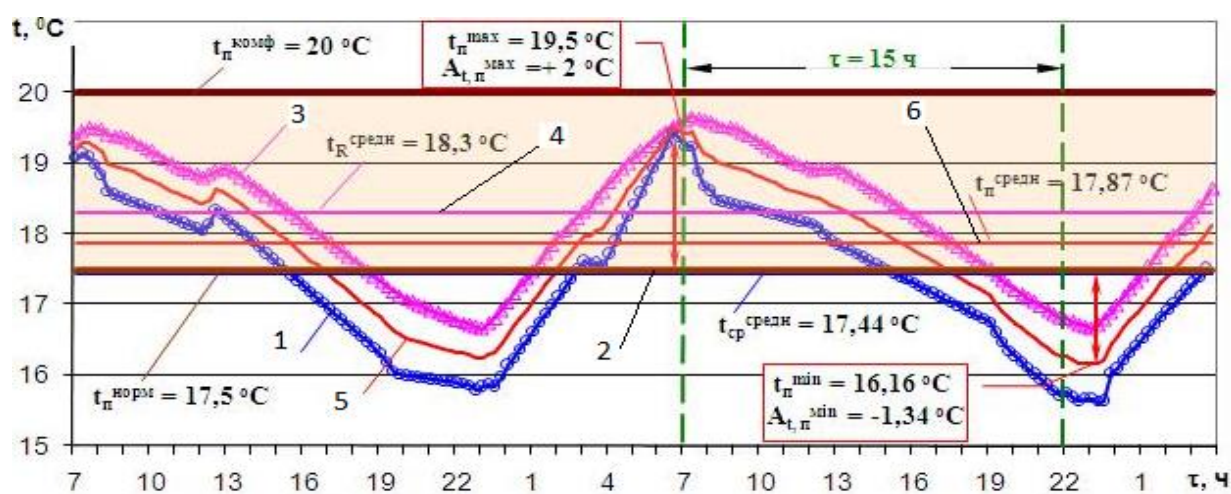


Рис. 7. Зависимость от времени текущих и среднесуточных температур:
1,2 - воздуха; 3,4 - радиационной; 5,6 - помещения; эксперимент, $t_3 = -5,9^{\circ}\text{C}$, $\delta_{б,ш} = 90 \text{ мм}$



3) тепловые условия для комфортной температуры помещения при $t_3 = -5,9 \text{ }^\circ\text{C}$ (рис. 7) не выполняются, ее среднесуточное значение $17,87 \text{ }^\circ\text{C}$ (прямая 6) ниже комфортной $20 \text{ }^\circ\text{C}$, а в конце периода использования помещения она уменьшается до $16,16 \text{ }^\circ\text{C}$ - наблюдается незначительный недогрев, который отсутствует при учете природных суточных колебаний температуры воздуха снаружи зданий $t_3 = [-5,9 + 2,65 \cos 2\pi/T (\tau - 3,8)] \text{ }^\circ\text{C}$, рис. 8. В такой ситуации среднесуточная температура помещения $19,16 \text{ }^\circ\text{C}$ (прямая 6) при незначительной амплитуде колебания $\pm 1,43 \text{ }^\circ\text{C}$ приближается к комфортной $20,6...17,7 \text{ }^\circ\text{C}$ (кривая 5). Указанная среднесуточная температура будет соответствовать комфортной при повышении на $1,5...2 \text{ }^\circ\text{C}$ максимальной температуры поверхности бетонного слоя пола равной $29 \text{ }^\circ\text{C}$, что меньше допустимой, составляющей $33 \text{ }^\circ\text{C}$. Следовательно, температура $t_3 = -5,9 \text{ }^\circ\text{C}$ при ее природных суточных колебаниях является пределом соблюдения не только комфортной радиационной температуры, но и комфортной температуры помещения. При температурах воздуха снаружи зданий $-6...-25 \text{ }^\circ\text{C}$ комфортная температура помещения без дополнительного отопления не обеспечивается, например, при $t_3 = -25 \text{ }^\circ\text{C}$ (рис. 9) среднесуточная температура помещения составляет $19,58 \text{ }^\circ\text{C}$ (прямая 6), что меньше комфортной $20 \text{ }^\circ\text{C}$.

$$K_Q = \frac{t_{\text{ср}}^{\text{норм}} - t_3^{\text{норм}}}{t_{\text{ср}}^{\text{екс}} - t_3^{\text{екс}}} \quad (17)$$

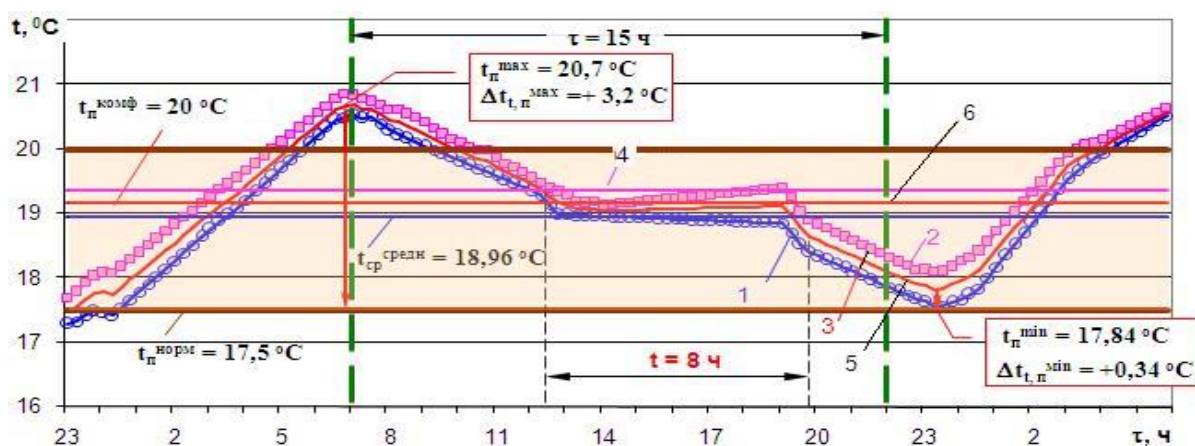


Рис. 8. Зависимость от времени текущих и среднесуточных температур: 1,2 воздуха; 3,4 - радиационной; 5,6 - помещения; эксперимент, $\delta_{б,и} = 90 \text{ мм}$, $t_3 = [-5,9 + 2,65 \cos 2\pi/T (\tau - 3,8)] \text{ }^\circ\text{C}$

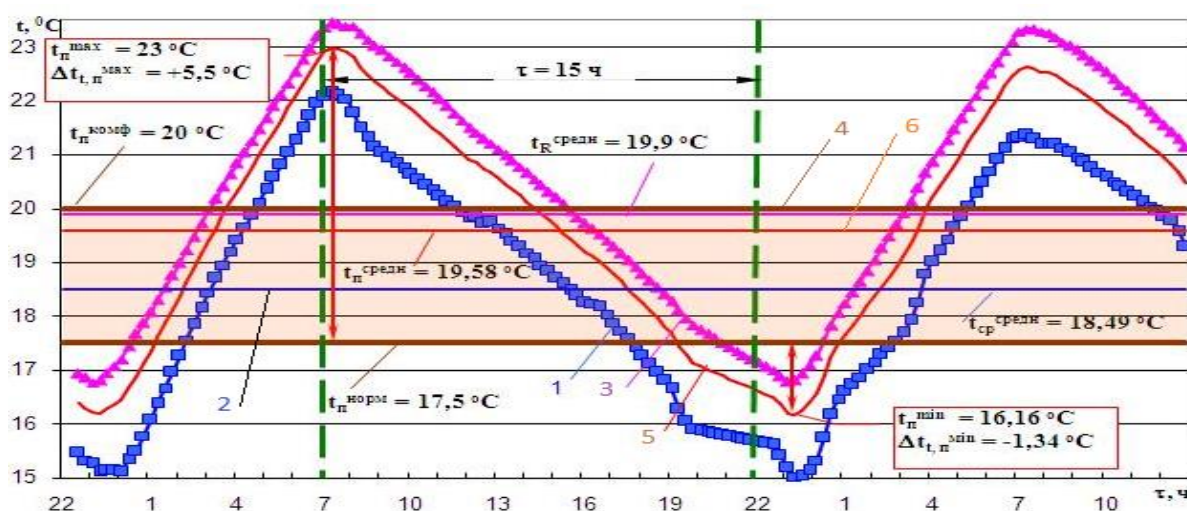


Рис. 9. Зависимость от времени текущих и среднесуточных температур:

1,2 - воздуха; 3,4 - радиационной; 5,6 - помещения; эксперимент,

$$t_3 = -25 \text{ }^{\circ}\text{C}, \delta_{\delta,ш} = 90 \text{ мм}$$

определяет неизвестную величину нормируемой температуры воздуха снаружи помещения $t_3^{\text{норм}} \approx -20 \text{ }^{\circ}\text{C}$, выше которой обеспечивается нормированная амплитуда $A_{t,п}^{\text{норм}} = \pm 3 \text{ }^{\circ}\text{C}$

$$\frac{\pm 3}{\pm 3,42} = \frac{18 - t_3^{\text{норм}}}{18 - (-25)}; \quad t_3^{\text{норм}} = -19,72 \text{ }^{\circ}\text{C} \approx -20 \text{ }^{\circ}\text{C};$$

Таким образом, на базе проведенных исследований установлено, что при $\delta_{\delta,ш} = 90 \text{ мм}$ без дополнительного отопления напольная ЭКСО-ТА обеспечивает: нормированные условия при температурах воздуха снаружи помещения от +8 до -20 °C, а комфортные - от +8 до -5,9 °C. Нормированные условия в интервале температур -20...-25 °C обеспечиваются дополнительным дневным отоплением с незначительными затратами энергии, а для создания комфортных условий в диапазоне температур -6 ...- 25 °C предложены 2 следующих способа:

- 1) Базовый (без дополнительного отопления) тепловой режим с $\delta_{\delta,ш} = 160 \text{ мм}$.
- 2) Дополнительное дневное отопления с $\delta_{\delta,ш} = 90 \text{ мм}$.

Выводы

Выполнен сравнительный анализ различных видов отопления, по результатам которого отмечается высокая энергетическая и экологическая



эффективность напольного электроотопления с периодической подачей тепла. Для этого вида отопления проведен комплекс исследований по оценке нормированных и комфортных температур помещений при заданном типе и геометрических характеристиках бетонного слоя пола. Показана возможность обеспечения комфортных условий в широком диапазоне изменения температур наружного воздуха путем изменения параметров бетонного пола и применения дополнительного дневного отопления.

**KAPITEL 9 / CHAPTER 9.****TREATMENT OF MINING WATER FROM HEAVY METALS: CHEMICAL AND BIOLOGICAL TECHNOLOGIES****ОЧИЩЕНИЕ ШАХТНЫХ ВОД ОТ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ: ХИМИЧЕСКИЕ И БИОЛОГИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ****DOI: 10.30888/978-3-9821783-0-1.2020-01-01-072****Вступ.**

Актуальність проблеми забруднення навколишнього середовища гірничо-видобувною галуззю не знижується завдяки постійному мігруванню, накопиченню або ж перетворенню техногенних токсичних забруднюючих речовин у складові біосфери.

Шахтні води вуглевидобувних підприємств регіонів України відносять до сильномінералізованих з концентрацією високодисперсних завислих речовин $50 \div 300$ мг/дм³. При закритті та ліквідації шахт відбувається підняття рівня шахтних вод, що призводить до затоплення територій сільськогосподарського призначення з одночасним засоленням ґрунтів, високим ступенем забруднення річок та водойм іонами важких металів, іншими поллютантами [1, 2].

Традиційно для ефективного очищування промислових стічних вод від важких металів використовують хімічні (реагентні), фізико-хімічні (електрохімічні, гальванокоагуляційні, іонообмінні, сорбційні) та біологічні технології, що мають певні переваги, як і обмеження при їх застосуванні [3-5].

Сьогодення диктує вибір низько енерго- та матеріаловитратних технологічних схем при достатніх показниках якості очищених вод. В цьому плані добре зарекомендували себе екологічні технології, що використовують як природні, екологічно чисті матеріали (мінерали), так і потенціал живої природи (біоплато з вищих водних рослин (ВВР)).

Абсорбційні методи очистки промислових стічних вод від металів-забруднювачів на основі застосування природних і модифікованих природних сорбентів на сьогодні все ширше знаходять своє застосування. Ефективність сорбційних методів очищення досягає 80-95% і залежить від: хімічної природи адсорбента; величини адсорбційної поверхні та її доступності; хімічної будови речовини та її стану в розчині. Перспективними сорбентами в процесах сорбційного очищення стічних вод від важких металів вважають [3, 4] матеріали і мінерали природного походження на основі слоноподібних шаруватих силікатів типу 2:1.



Природні сорбційні неорганічні матеріали (тальк, гідрослюди, бентоніти, пермутити, цеоліти), в основному, складаються з активного кремнезему SiO_2 , оксидів алюмінію, натрію, кальцію та сполук, які надають неоднорідності їх структурам. На сьогодні одержано також велику кількість штучних цеолітів, наприклад, алюмосилікат-пермутити з хімічним складом $m\text{Na}_2\text{O} \cdot n\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot p\text{SiO}_2 \cdot g\text{H}_2\text{O}$ [4, 5]. Вивчення та порівняння сорбційної активності різних природних сорбентів класу шаруватих силікатів типу 2:1 дозволило обґрунтувати доцільність використання дрібнозернистих некондиційних слюд флогопіту й мусковіту, гідрослюди вермикуліту як основу для одержання нових модифікованих слюдоподібних сорбентів для застосування їх у технологіях очищення промислових та побутових стічних вод не тільки від важких металів, але й видалення забруднень нафти з поверхні води або ґрунту, донних відкладень водойм [7, 9].

Зокрема, сорбція сприяє значному зменшенню концентрації сполук важких металів у стічних водах, при цьому сорбент може брати участь у циклі «сорбція-десорбція», що значно збільшує економічну ефективність процесу очищення.

Однак, слід зазначити, що обмеженість практичного застосування природних, не модифікованих природних сорбентів обумовлена рядом причин: порівняно невелика сорбційна ємність породжує величезні витрати сорбенту в процесах очищування; проблеми, пов'язані з видобутком та підготовкою сорбенту до процесу очищування; питання складування відпрацьованого сорбенту та його регенерації [18].

Техногенні високо мінералізовані води шахт, що містять понаднормативні кількості важких металів визначають важливість і доцільність досліджень механізмів реалізації технологій інтенсифікації їх очищування.

У дослідженнях представлено особливості хімічних та біологічних технологій та ефективність видалення токсичних іонів важких металів (Cu^{2+} , Pb^{2+} , Co^{2+} , Cd^{2+} , Zn^{2+} , Cr^{3+} , $\text{Fe}_{\text{заг.}}$, Hg^{2+}) з шахтних і підтериконових вод на прикладі шахт «Великомостівська» та «Лісова» ДП «Львіввугілля», а також розрахунки рівнів екологічної небезпеки токсикантів на суміжних із шахтами територіях.

Основна частина.

Лабораторні дослідження шахтних та підтериконових вод проводились на матеріально-технічній базі лабораторії державної екологічної інспекції у



Львівській області у відділі інструментально-лабораторного та радіаційного контролю відповідно до чинних методик та стандартів [7].

Відбір, зберігання та поводження з пробами води проводили згідно ДСТУ ISO 5667-6-2001 та ДСТУ ISO 5667-10-2001 [7-9]. Методом фотометричного аналізу визначали вміст іонів феруму (заг.), цинку, нікелю. Титриметричний метод аналізу застосували для кількісного виявлення у воді іонів кальцію, магнію, хлоридів. Сульфати визначали гравіметричним методом. Масову концентрацію важких металів в пробах шахтних вод визначали методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії з атомізацією проби в полум'ї.

Відбір проб і хімічний аналіз ґрунтів проводили відповідно методики ДСТУ 4770.1-9:2007, а приготування розчинів витяжок з ґрунту здійснено згідно ДСТУ 4770.9:2007. Вміст рухомих форм важких металів у пробах ґрунтів виконували на атомно-абсорбційному спектрофотометрі С-115 [8, 19].

Для комплексного оцінювання екологічного стану території навколо шахт «Великомостівська» та «Лісова» було використано результати хімічних аналізів шахтних вод за останні десять років, які були виконані в лабораторії ДП «Львіввугілля», власні дослідження за останні три роки та регіональні гідрогеохімічні дослідження науковців із зазначеної тематики [1 - 3].

Кількісне оцінювання коефіцієнта перевищення нормативних значень ($C / ГДК_{ггп}$) для кожного забруднювального компонента та його відсоток у загальний рівень екологічної небезпеки (W) здійснювали за формулою 1:

$$W = C / ГДК \times 100 \% / \sum EN, \quad (1)$$

де C – концентрація забруднювальних речовин, $мг/дм^3$; $\sum EN$ – загальний показник екологічної небезпеки ($EN = C / ГДК$) всіх забруднювальних речовин підтериконових вод шахти.

Для досліджень екологічної небезпеки було обрано дві шахти – «Великомостівська» (1 ВМ), що знаходиться поблизу р. Рата (притока Західного Бугу) та «Лісова» (6 ВМ) Червоноградського гірничопромислового району Львівської області (рис.1).

Результати досліджень техногенних чинників у зоні впливу шахт «Лісова» та «Великомостівська» ДП «Львіввугілля» свідчать, що вміст у відвалах породи значної кількості піриту і сірки [2], а також гідролізування сульфурмісних сполук (сульфідів, сульфатів) і хлоридів у підтериконових стічних водах сприяють кислому середовищу, що призводить до переходу та подальшого мігрування іонів важких металів із сорбованого стану на мінеральних (глинисті



породи аргіліти) і органічних речовинах у вільний стан до об'єктів навколишнього середовища) [8, 9, 19].



Рис. 1. Карта-схема розміщення шахт «Великомостівська» (1 BM) та «Лісова» (6 BM) [1]

Також встановлено, що вміст деяких забруднювальних речовин (важких металів, кальцію, магнію, хлоридів, сульфатів) в підтериконових водах шахт «Лісова» № 6 та «Великомостівська» № 1 наближається, або перевищує нормативні показники ГДК_{рпг} (табл. 1) для вод рибогосподарського призначення.

Досліджували вплив хімічних реагентів (розчину натрію гідроксиду та кальцію карбонату) на ефективність процесів осадження іонів важких металів та вилучення інших агресивних іонів з шахтних та підтериконових вод.

Результати оцінювання ефективності очищування проб підтериконових вод шахти «Великомостівська» 1н розчином NaOH (дрібне осадження до досягнення рН $\approx 6,6 - 6,8$ з наступним фільтруванням осаду) наведено в таблиці 2.

Результати досліджень свідчать, що іони важких металів (феруму, купруму, плюмбуму, цинку, нікелю та мангану) після обробки лугом видалялися на $98 \div 99,9$ % мас. відносно вихідної концентрації, відсоток видалення іонів Ca^{2+} становив 42,7 %. Слід зазначити, що при цьому незмінно високою залишалася концентрація сульфат- та хлорид-іонів та висока токсичність шахтних вод [20, 23], що підтвердили дослідження на ростках редису.



Таблиця 1.

**Результати вмісту забруднювальних речовин в підтериконових водах
шахт «Лісова» та «Великомостівська»**

№ з/п	Символи забруднювальних речовин	ГДК _{рп}	Концентрація у місці відбору проб шахти, С, мг/дм ³		ЕН		W, %	
			6-ВМ	1-ВМ	6-ВМ	1-ВМ	6-ВМ	1-ВМ
1	Fe _{заг}	0,1	2,835	5,837	28,4	58	0,26	0,9
2	Mn	0,01	106,24	59,96	10624	5997	96,08	95,6
3	Cu	0,001	0,008	0,0403	8	40,3	0,07	0,6
4	Pb	0,01	0,0639	0,1331	6	13	0,05	0,21
5	Cd	0,0005	0,0126	0,0209	25	42	0,2	0,67
6	Zn	0,01	0,9517	0,1476	95	14,8	0,86	0,24
7	Cr	0,005	0,0167	0,0321	3	6,4	0,03	0,1
8	Ni	0,01	1,8056	0,4007	180,5	40	1,6	0,64
9	Co	0,01	0,5174	0,1592	52	16	0,47	0,26
10	Хлориди	300	295,42	324,9	0,9	1,1	0,08	0,02
11	Сульфати	100	2248,85	2449,66	22,5	24,5	0,2	0,39
12	Ca	180	300,6	591,18	1,7	3,3	0,01	0,053
13	Mg	40	377,0	687,04	9,4	17	0,08	0,27
14	Сухий зал.	-	2921,9	3818,7	-	-	-	-
Екологічна небезпека (ЕН)					11057	6274	100	

Таблиця 2.

**Ефективність очищення розчином натрію гідроксиду вод териконів
шахти «Великомостівська»**

№ з/п	Забруднювальна речовина	Концентрація, мг/дм ³		Ступінь очищення, %	С-/ГДК	W, %
		вихідна	після очищення			
1	Fe _{заг}	5,837	0,6×10 ⁻⁵	99,9	0,6×10 ⁻⁴	-
2	Mn	59,96	1,5	97,5	0,015	0,04
3	Cu	0,040	0,6×10 ⁻⁵	99,9	0,006	0,02
4	Pb	0,133	1,3×10 ⁻⁵	99,9	0,001	0,003
5	Cd	0,021	1,8×10 ⁻³	91,4	3,6	9
6	Zn	0,148	14,3×10 ⁻⁵	99,9	0,014	0,035
7	Cr	0,032	2,5×10 ⁻³	91,7	0,5	1,25
8	Ni	0,401	6,5×10 ⁻³	98,4	0,65	1,63
9	Co	0,159	0,8×10 ⁻³	95	0,08	0,2
10	Хлориди	324,9	324,9	0	1,08	2,7
11	Сульфати	2449,66	2449,66	0	24,5	61,3
12	Ca	591,18	338,9	42,7	1,88	4,7
13	Mg	687,04	295,8	56,9	7,4	18,5
Загальний показник екологічної небезпеки ΣЕН					40	100

Дослідження дії кальцію карбонату для очищення техногенних вод шахти



проводили реакцією осадження при перемішуванні реагенту з наступним визначенням рН методом потенціометрії (до встановлення сталого рН $\approx 6,8$). Результати досліджень ефективності очищення кальцію карбонатом підтериконових вод шахти «Великомостівська» та оцінювання їх екологічної небезпеки представлено в таблиці 3.

Результати досліджень ефективності очищення та екологічної небезпеки підтериконових вод шахти «Великомостівська» свідчать, що вміст іонів важких металів та сульфатів після оброблення підтериконових вод дрібнодисперсним карбонатом кальцію суттєво зменшився. Розрахункове значення показника екологічної небезпеки $ЕН = 1518$ для очищених CaCO_3 підтериконових вод (табл. 3), що у чотири рази менше, порівняно з вихідним значенням ($ЕН = 6274$) цього показника (табл. 1).

Таблиця 3.

**Ефективність очищення кальцію карбонатом вод териконів шахти
«Великомостівська»**

№ з/п	Забруднювальна речовина	Концентрація, мг/дм ³		Ступінь очищення, %	С-/ГДК	W, %
		вихідна	після очищення			
1	Fe _{заг.}	5,836	0,004	99,9	-	-
2	Mn	59,97	14,94	75,1	1494	98,5
3	Cu	0,040	0,0001	99,8	-	-
4	Pb	0,133	0,007	94,6	-	-
5	Cd	0,021	0,0004	98	-	-
6	Zn	0,148	0,001	99,3	-	-
7	Cr	0,032	0,002	93,3	-	-
8	Ni	0,401	0,015	96,3	1,5	0,1
9	Co	0,159	0,014	91,3	1,4	0,1
10	Хлориди	524,9	524,9	0	1,8	0,07
11	Сульфати	2449,66	2,9	99,9	0,01	-
12	Ca	591,18	555	6,1	3,1	0,2
13	Mg	687,04	673	2	16,8	1,1
Загальний показник екологічної небезпеки $\sum EN$					1518	100

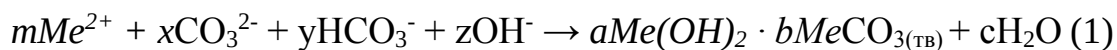
Порівняльні розрахунки частки W кожного компонента у рівень екологічної небезпеки стічних вод шахти свідчать, що вибір хімічного реагента (CaCO_3) для видалення більшості токсичних металів та зниження концентрації сульфатів є вірним і відповідає вимогам щодо якості води для водойм рибогосподарського призначення.

Механізм видалення важких металів (Co^{2+} , Zn^{2+} , Cr^{3+} , Ni^{2+}) гідролізованим CaCO_3 відбувається з утворенням основних карбонатів цих металів, розчинність



яких нижча, ніж у середніх карбонатів. Виключенням є добре розчинні основні солі та гідроксиди іонів Cd^{2+} , Pb^{2+} , Mn^{2+} . Слід також враховувати, що мінімальна розчинність гідроксидів металів, крім іонів Fe^{+3} , спостерігається в лужному середовищі при $\text{pH} > 8,5$ [6, 9, 10].

Взаємодію катіонів важких металів з аніонами CO_3^{2-} , HCO_3^- та OH^- , що присутні в розчині карбонату кальцію, можна представити наступним рівнянням одержання основних карбонатів важких металів:



Розрахункові та експериментальні дослідження [4, 12, 13] щодо видалення іонів важких металів із стічних вод кальцію карбонатом підтверджують можливість створення конкретних технологічних схем на основі карбонатного хімічного бар'єру для вирішення проблеми фільтрування забруднених вод шахт. З цією метою можна використати бетонну конструкцію прямокутної форми з сітчастими контейнерами зі щебенем, нахилом для стоку води та заглибленнями для осаду (рис. 2).



Рис. 2. Схема карбонатного хімічного бар'єру:

Перед надходженням шахтних вод на карбонатний бар'єр необхідно спрямувати стічні води у відстійник (або вироблений простір шахти) із тривалістю відстоювання води в ньому 5 - 10 діб, що забезпечить високу ефективність очищування від зважених частинок протягом 3 років зі ступенем відпрацювання $\approx 22\%$, враховуючи часткову витрату CaCO_3 в реакціях іонного обміну. Для безперервної роботи бар'єра необхідно проводити щорічну заміну частини відпрацьованого карбонату кальцію й здійснювати систематичне переміщення контейнерів із хвостової частини резервуара в головну.

Літературні дані щодо ефективності такого хімічного бар'єру дозволяють



стверджувати, що залишковий вміст сполук важких металів може бути прийнятим в межах (у мг/дм³) для: Cu²⁺, Ni²⁺ - 0,05; Fe_{заг} - 0,5; Pb²⁺ - 0,01; Zn²⁺ - 0,1; Mn²⁺ ~ 0,27; Cd²⁺ - 0,05 [11, 12]. Однак, слід врахувати низку чинників, що впливають на ступінь очищення (природа і стан реагента, температура, рН середовища, концентрація іонів забруднювальних речовин, їх природа тощо).

Практичне використання кальцію карбонату можливе, у статичних (дрібнодисперсні фракції), і в динамічних умовах завдяки фільтруванню підтериконових вод через крупнодисперсні шари карбонатного щебеню. Осади шахтних вод, після очищування при контролюванні залишкової концентрації поліютантів можуть бути використані як компоненти для пігментів фарб, або ж альтернативного палива в обертових печах випалювання цементного виробництва [17].

Високу частку у загальний рівень забруднення стічними водами досліджених шахт вносять іони мангану Mn²⁺ (близько 96 %), що пояснюється особливостями хімізму їх перетворень. Для оптимізування умов осадження іонів Mn²⁺ та покращення показників видалення іонів інших важких металів доцільно застосування доочищування техногенних вод шахт на біоплато з вищих водних рослин. Характерною рисою цих рослин з потужною кореневою системою є те, що їхня біологічна діяльність триває навіть узимку при температурах води від 0 до + 5°C з високою ефективністю видалення як біогенних елементів, так і органічних забруднюючих речовин.

Характерною рисою стічних вод гірничовидобувних підприємств є настільки високий вміст важких металів, що він є практично згубним для водних рослин. Тому з огляду на їх високу токсичність стосовно рослин [14, 16], розрахунок біоплато здійснюють на підставі допустимих концентрацій металів у стічних водах, а створення штучних гідрогеохімічних бар'єрів повинно бути пов'язаним з обґрунтуванням вимог до якості очищеної води.

Однією з переваг біоплато є те, що нагромадження важких металів у корневих системах набагато перевищує їх вміст у надземній фітомасі, а це сприяє похованню забруднюючих речовин у донних відкладеннях, запобігаючи їх вторинній міграції у воду.

У процесі використання біотехнологічного способу детоксикації промислових вод важливе значення має вибір рослин. Вони повинні мати високу поглинаючу здатність, бути досить стійкими й невибагливими до змін гідрологічного режиму й гідрохімічних властивостей води. Необхідно



використати ті з них, які можна знайти в будь-який час і в достатній кількості в навколишньому ландшафті.

Значна частина вегетативних органів рослин цього виду виступає над поверхнею, як наприклад у: рогозу вузьколистого, тростяниці кострицевидної, стрілолиста звичайного, сусака зонтичного, куги озерної, що забезпечує простоту збирання засохлих частин рослин [4,9].

Характерною рисою цих рослин також є [14] потужна коренева система, що складає значний відсоток від їх загальної біомаси (табл. 4).

Відомий досвід застосування біоплато (Constructed Wetlands) за кордоном підтверджує, що зимове зниження активності ВВР незначне, порівняно з теплим сезоном. Їхнє кореневища не гине взимку, оскільки температура води в біоплато не опускається нижче + 4°C [14, 16.].

Коренева система складається з товстого кореневища, органу, що здійснює запас поживних речовин, і товстих придаткових коренів, основною функцією яких є поглинання із зовнішнього середовища розчинних поживних речовин.

Таблиця 4.

Співвідношення надземних і підземних органів деяких рослин

Найменування рослин	% від загальної біомаси органів	
	надземні	підземні
Тростяниця кострицевидна (<i>Scolochloa festucacea</i> (Willd.) Link)	15,8	84,2
Рогіз вузьколистий (<i>Typha angustifolia</i> L.)	23,1	76,9
Куга озерна (<i>Scirpus lacustris</i> L.)	57,1	42,9

Підводна частина рослин є також субстратом для розвитку різних видів прикріплених водоростей (діатомових, зелених тощо), грибів, азобактерій, а також бактерій, здатних розкласти крохмаль і клітковину. Разом з рослинами ці мікроорганізми беруть активну участь у процесах самоочищення водою [13].

Враховуючи те, що стічні води гірничовидобувних підприємств мають настільки високий вміст важких металів, що він є практично згубним для водних рослин, порушуючи їх здатність до нагромадження та з огляду на високу токсичність важких металів стосовно ВВР, розрахунок біоплато



здійснюють на підставі допустимих концентрацій металів у стічних водах. Згідно літературних джерел [14] відзначена загибель деяких рослин при вмісті важких металів на рівні 2 - 5 мг/дм³.

Підвищені концентрації важких металів можуть призводити до загальних, малоспецифічних фізіологічних і біохімічних змін, що сприяють посиленому гальмуванню росту рослин. Надлишок важких металів, як вважають деякі вчені [3, 11, 14, 16] призводить до ушкодження мембран, зміни активності ферментів, інгібування росту коріння, що як наслідок, ініціює цілий ряд вторинних ефектів: гормональний дисбаланс, дефіцит необхідних елементів, гальмування фотосинтезу, порушення транспірації та фіксації CO₂, пересування фотоасимілятів, зміна водного режиму, підвищення схильності рослин до грибкових інвазій.

З урахуванням останніх публікацій з цього питання [4, 16] концентрація важких металів на рівні 0,25 мг/дм (мідь і кадмій) вже призводила до помітного зниження швидкості фіксації вуглекислого газу й зниження інтенсивності фотосинтезу. Нікель проявляв менш токсичну дію, суттєво не впливаючи на фотосинтезуючі властивості рослин.

Згідно даних, представлених у роботах [7, 9, 10], варто обмежувати концентрацію таких ВМ, як мідь і кадмій, що поглинаються ВР на рівні ~ 0,1 мг/дм³. Такі важкі метали, як Cr³⁺, Fe²⁺(Fe³⁺), Mn²⁺, Zn²⁺ володіють помірною фітотоксичністю, однак їхні концентрації в воді можуть бути більшими.

Серед різних варіантів побудови біоплато автори [4, 6, 16.] найкращим визнають варіант «ботанічної площадки», яка складається з бетонного водорозподільного лотка й ряду паралельних каналів, що відходять від нього.

Наприкінці каналів розміщують горизонтальну площадку доочищення. У каналах і площадках доочищення висаджують ВВР із розрахунку від 50 до 200 рослин на 1 м² (суміш різних вищих рослин водних угруповань).

Технологія посадки таких рослин складається в заборі ґрунтової маси із кореневищем з природних місць виростання та наступному рівномірному її вкладанні шаром товщиною 20-30 см в зоні створення біоплато при сприятливому гідрологічному режимі.

Після вкорінення й початку росту рослин на посадковий матеріал вкладають ґравій товщиною 10 см, щоб уникнути потрапляння в очищену воду частинок землі. Після того, як ВВР виростуть до висоти 1...1,5 м, у канали поступово надходить вода в невеликих кількостях до повної адаптації рослин.



Поступово водні рослини заповнюють весь простір каналів і починається стадія стабільного очищування стічних вод.

Розрахункові дані [14, 21] кількості металів, що нагромаджуються з 1 га водної поверхні та рекомендовані значення їх вмісту у стічних водах при надходженні на біоплато приведені в табл. 5.

Таблиця 5.

Максимальні кількості металів та рекомендовані значення їх вмісту на біоплато

№ з/п	Метал	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb
1	m (Me^{n+}), кг/га	21	300	595	8,6	8,4	10	67	4,3	50,3
2	Вміст $[Me^{n+}]$, мг/дм ³	1,75	0,25	10	0,25	0,25	0,1	0,25	0,12	0,15
3	С/ГДК *	25	25	100	25	25	100	25	25	25

* для водойм рибогосподарського призначення.

Слід зазначити, що згідно ряду досліджень [12- 16] на біоплато відбувається істотне зниження концентрації ряду інших іонів шахтних вод (кальцію, магнію, сульфатів, хлоридів).

Як вказують результати досліджень, протягом доби на біоплато ступінь поглинання ВВР іонів Cu^{2+} становить 96% при початковій концентрації 1 мг/дм³; цинк і кадмій виділяються на 85-87%, а кобальт і марганець – на 58 - 65%; відбувається також суттєве зниження вмісту ряду інших елементів шахтних вод (іонів кальцію до – 50 %), магнію – до 85 %, сульфатів, хлоридів) [16].

Щорічне збирання надводної частини рослин на біоплато виробляється шляхом викосу рослин наприкінці їхньої вегетації по льоду або випалюванням засохлих рослин ранньою весною до появи молодих пагонів. Спалювання рослин є цілком безпечним, оскільки рослини акумулюють важкі метали кореневою системою, а у наземній частині рослин вміст металів незначний.

Висновки.

В результаті проведених досліджень проаналізовано ефективність хімічних (карбонат кальцію) та біологічних технологій видалення іонів техногенних забруднюючих речовин (важких металів, агресивних іонів сильних електролітів) підтериконових і шахтних вод.



Спосіб видалення важких металів на біогеохімічному бар'єрі із ВВР можна вважати досить ефективним методом доочищення металомісних стічних вод.

В основу біогеохімічного бар'єру покладена здатність ВВР поглинати значні кількості дисоційованих у воді іонів важких металів, а також утримувати їх. Важливо, що такий біогеохімічний бар'єр не вимагає значних капітальних і енергетичних витрат, застосування складного технологічного устаткування, він органічно вписується в природний ландшафт, підвищує його естетичну цінність.

Стічні води гірничопромислового комплексу, що пройшли бар'єр із ВВР, можна використати в оборотному водопостачанні підприємств, скоротивши тим самим споживання питної води а, отже, матеріальні витрати на водоспоживання.



KAPITEL 10 / CHAPTER 10.
THEORETICAL AND METHODOLOGICAL BASIS OF DESIGN OF ZERO
ENERGY BUILDINGS (ZEB)
ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЗДАНИЙ
НУЛЕВОЙ ЭНЕРГИИ (ZEB)
DOI: 10.30888/978-3-9821783-0-1.2020-01-01-073

Вступ.

Постійно зростаюче споживання енергії будівлями і спорудами, зменшення запасів природних ресурсів, погіршення якості навколишнього середовища – є важливими аргументами необхідності вирішення задач сталого розвитку суспільства. Головну роль в задоволенні поточних і глобальних потреб якості життя та позитивного впливу на довкілля відіграє інноваційне спорудження об'єктів нерухомості. Існуюча практика проектування, будівництва і експлуатації будівель в Україні не завжди здатна вирішити вище названі проблеми, забезпечити належний рівень комфортності проживання людини та безпечного впливу на оточуюче середовище.

Основна частина.

Актуальність теоретично-методологічного дослідження проектування ZEB-будівель зумовлена недостатнім розвитком теоретичної бази в галузі ресурсозбереження та екологічного будівництва, відсутності системного підходу до управління життєвим циклом будівельного об'єкта, слабким розвитком методичних підходів оптимізації вибору ефективних рішень енергозбереження та енергогенерації в будівлях, недостатністю структурованості комплексних показників оцінки ефективності ресурсозберігаючих рішень на практиці.

Теоретичні і прикладні наукові дослідження з теоретичного обґрунтування енергозбереження та практичного втілення ресурсозберігаючих технологій та економічних показників енергетичної ефективності приведені в наукових працях В.П. Ніколаєва, Генри С. Харрисон, В.І. Гордєєва, В.А. Жовтянського, Є.П. Забело, В.Г. Кузнєцова, С.О. Кукель О.М. Суходоля, В.М. Геєця, С.Ф. Єрмілова, Н.В. Мици, В.П. Розена, Ю.П. Яценка. Теоретично-методологічна база досліджень спрямована на вивчення проблеми зменшення енергоемності економіки України, забезпечення промисловості енергетичними ресурсами, обґрунтуванню рівня енергоефективності. Водночас не вирішеними залишаються питання вдосконалення проектно-конструкторських та фінансово-



економічних методів розробки проектів ZEB-будівель.

Зменшення енергетичної залежності новобудов та існуючого фонду нерухомості світу впливає на загальний розвиток світової економіки. У світовій енергетичній сфері одним із фундаментальних факторів формування попиту на енергоресурси є – зростання валового внутрішнього продукту (ВВП) та зниження його енергоємності за рахунок підвищення енергоефективності та зміни структури палива, а також скорочення розриву в енергоємності економік між країнами. Прогнозом МЕА (WEO-2017) до 2040 р. передбачено зростання світового ВВП з середньорічним темпом 3,4 %, що дещо нижче рівня, минулорічного прогнозу.

За статистичними даними Enerdata (Enerdata World Bank, світова енергетична база даних), у світі за 1990 – 2016 р.р. за рахунок впровадження енергоефективних технологій простежувалась наступна динаміка: енергомісткість світового ВВП знижено на 31,5 %, при незначному щорічному зростанні загального обсягу споживання енергії (20 %) та майже незмінному споживанні енергії на душу населення. У той же час обсяг світового ВВП за 2000 – 2016 р.р. зріс на 77 %.

Використання екологічних, економічних та енергозберігальних технологій (сонячні батареї, спеціальні утеплювачі, ємності для збору дощової води) у процесі будівництва приватних і громадських будівель допомагає істотно скорочувати загальне споживання води, тепла та електрики. Наприклад, у Німеччині дуже розвинене будівництво нового типу будівель – «пасивних будинків», які практично не потребують опалення внаслідок застосування спеціалізованої технології утеплення та герметизації оболонки будівлі. Саме німці придумали стандарт Passivhaus («Пасивний будинок»): у 1996 році інженер Вольфганг Файст створив цілий Інститут пасивних будинків (усього їх у Німеччині й Австрії вже більше 20 тисяч). Принцип проекту: будинок – «термос», який може опалюватися сонцем завдяки величезним вікнам і від енергії, яку виробляють люди та електроприлади. Місто Фрайбург – один із чемпіонів світового енергоруку, де працюють два відомих центри освіти, наукових досліджень та інновацій у галузі альтернативної енергетики: Institute for Solar Energy Systems (ISE) и SolarInfo Center (SIC). Найцікавіша частина еко-кварталу «Сонячне поселення» – 59 енергетично активних будинків, які опалюються тільки з використанням енергії вітру і сонця й ще віддають надлишкову енергію місту. Архітектор Рольф Диш збудував деревинні



будинки, утеплів їх й встановив на кожному даху величезні сонячні батареї. У наслідок цього кожний із будинків виробляє енергії у повтори рази більше, ніж використовує. Яскравими прикладами стабільних міст у Швеції є міста Гетеборг і Ельвстранден (центральне місто на річці Гета-Ельвія). В цих містах побудовані пасивні будинки, створена система утилізації відходів тощо, тому їхня діяльність не зашкоджує навколишньому середовищу.

Приведені приклади дають змогу стверджувати, що розвинені країни активно сприяють просуванню технологій з впровадженню інновації в галузі екології, спрямовані на захист здоров'я громадян та збереження екологічно чистого природного середовища. Влада підтримує «еко-ініціативи» громадян, улаштовує різні конкурси, присвоює гранти на розвиток технологій, що використовують відновлювальні джерела енергії (сонце, вітер). Підраховано, що близько 50 % населення планети живе в містах і міських поселеннях. Ці великі спільноти створюють як проблеми, так і великі можливості для екологічних цілеспрямованих ідей щодо створення життєздатної архітектури засобом екологічного проектування ZEB-будівель.

Архітектори та інженери мають втілювати ідеї, які базуються на інтегрованого підходу в проектуванні будинків з високою енергетичною ефективністю (рис.1).

До відновлюваних джерел енергії, які можуть бути застосовані в будівлях з нульовим балансом енергетичного споживання відносяться: геліоколектори; сонячні електростанції; вітрові електростанції; рекупераційні установки систем приточно-витяжної вентиляції; рекупераційні установки очистних систем каналізації; теплові насоси (повітря-повітря; повітря-вода; ґрунт-вода; вода-вода); когенераційні установки електро та теплозабезпечення.

Існує декілька визначень ZEB, які іноді помилково покладаються взаємозамінними.

Таблиця 1.

Визначення ZEB-будівель

	Визначення ZEB-будівель за відповідними характеристиками
1	Будівлі з нульовим зовнішнім балансом енергії
2	Будівля з нульовим внутрішнім балансом енергії
3	Будівлі з нульовими фінансовими витратами на енергію
4	Будівлі з нульовим балансом викидів в навколишнє середовище за рахунок споживання енергії

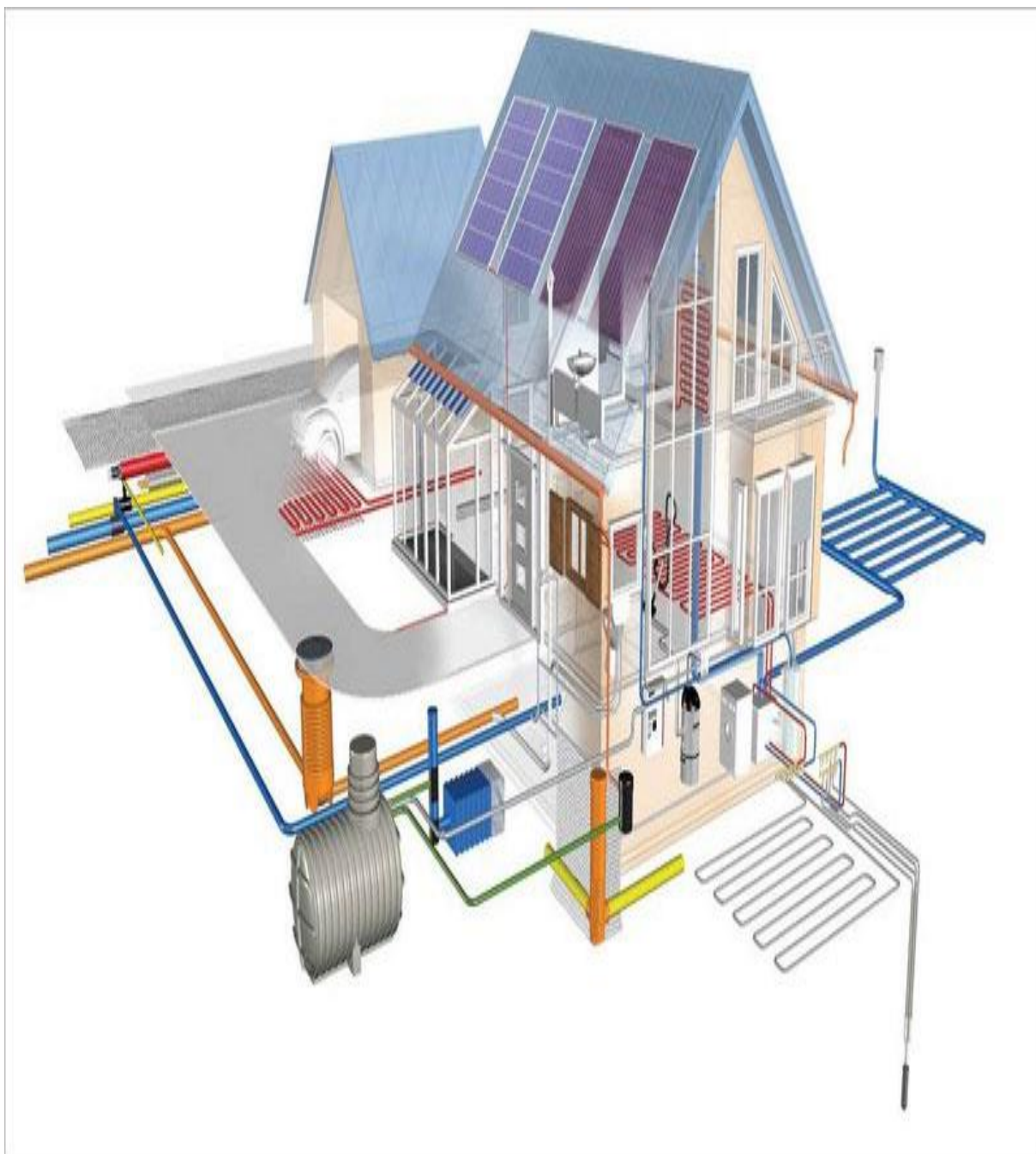


Рис. 1. *Будинок з нульовим внутрішнім балансом споживання енергії*

Будинки з нульовим зовнішнім балансом енергії генерують стільки ж енергії, скільки споживають, якщо порівняння робити з урахуванням специфіки зовнішніх джерел енергії. Такий аналіз є достатньо складним.

Будинки з нульовим внутрішнім балансом енергії генерують стільки ж енергії, скільки споживають в межах однієї будівлі.

Дане визначення є корисним в практичному відношенні, оскільки воно контролюється за допомогою натурних вимірювань. Воно також сприяє розробці енергетично ефективних проектних рішень.



Будинки з нульовими фінансовими витратами на енергію в більшості випадків становлять найбільший інтерес для власників, які прагнуть до забезпечення енергетичної ефективності та використання відновлюваних енергетичних ресурсів.

Дане визначення, як і визначення ZEB з нульовим внутрішнім балансом, легко контролюється шляхом аналізу фінансових рахунків.

Будинки з нульовим балансом викидів в навколишнє середовище за рахунок споживання енергії, відповідні четвертому визначенням ZEB, відрізняються своєю взаємодією з навколишнім середовищем.

Це, можливо, найкраща модель, яка сприяє використанню енергетичних ресурсів, що не завдають шкоди навколишньому середовищу. Однак, як і в разі ZEB з нульовим зовнішнім балансом енергії, скрутним є контроль шляхом обчислення відповідних показників.

Формування нульового або позитивного балансу споживання енергії відбувається за допомогою роботи енергогенеруючого обладнання відновлюваних джерел. Надмірна кількість енергії, яка була вироблена ZEB-будівлею в денний час, направляється в мережу. Вночі ж, коли споживання змінюється і будівля справляє менше енергії, ніж необхідно, її відсутня частина знову надходить з мережі. Простіше кажучи електрична мережа виступає в ролі накопичення і зберігання енергії.

Будинки з нульовим енергобалансі, згідно з документом, можуть бути настільки енергоефективні, наскільки цього вимагає реальна ситуація, без будь-яких обмежень. І, якщо проводиться необхідну кількість енергії тільки з поновлюваних джерел, то цього достатньо, щоб відповідати стандартам ZEB.

Концепція ж пасивних будинків передбачає чіткі вимоги до норми допустимого споживання енергії на квадратний метр в рік, що говорить про значне розходження цих двох понять.

Теоретично-методологічні основи проектування будівель нульової енергії базуються на постановці та вирішенні задач ефективного використання ресурсів кожного етапу життєвого циклу споруди (рис. 2).

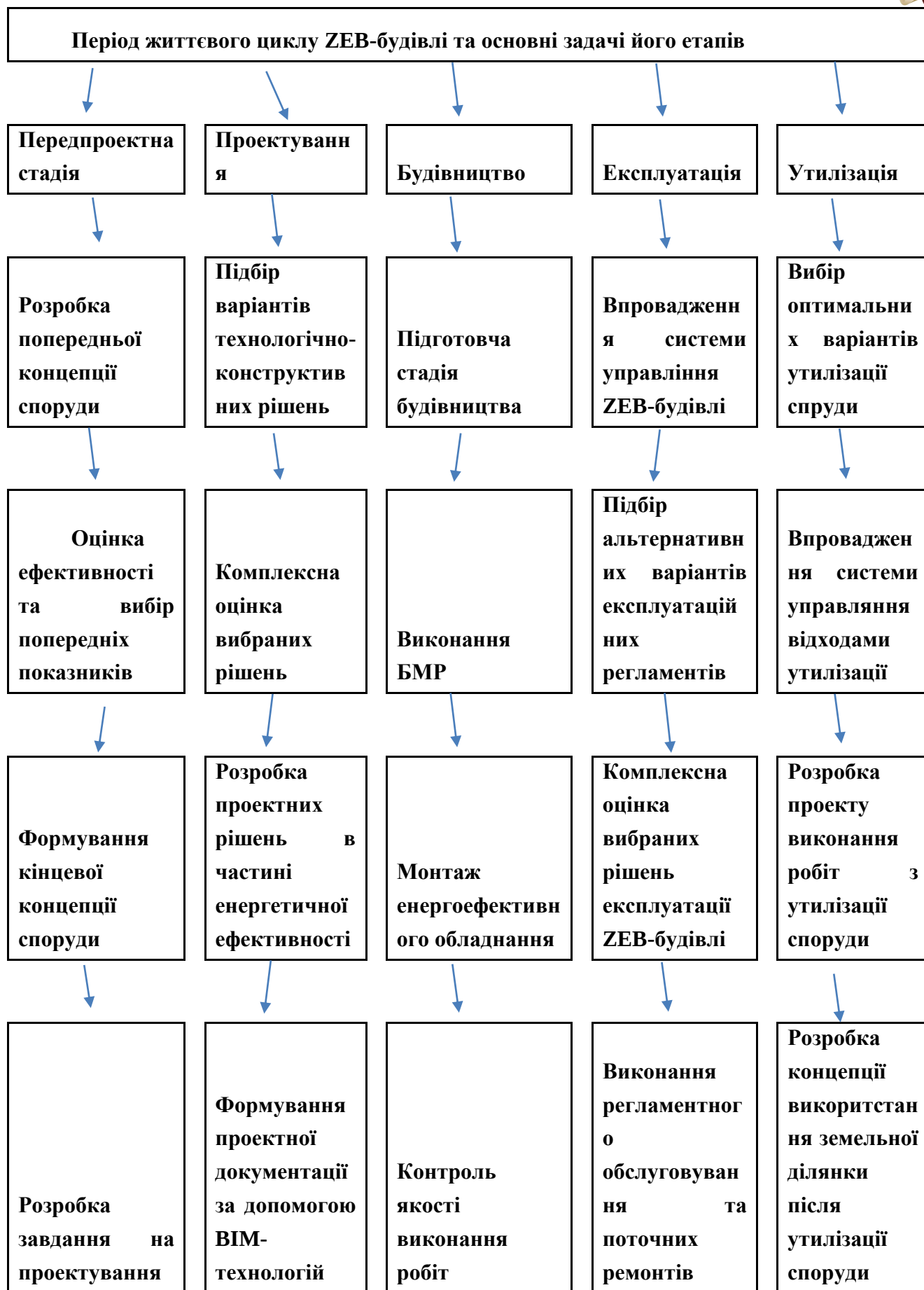


Рис. 2. Життєвий цикл ZEB-будівлі та основні задачі ефективного використання енергії

**Висновки.**

Дана робота висвітлює основні теоретично-методологічні засади методологічні засади проектування, будівництва та експлуатації будівель та споруд нульової енергії, ZEB.

Приведено принципи відповідності проектів ZEB енергетичним та екологічним стандартам, а також контролю відповідності нульового енергобалансу на протязі життєвого циклу споруди.

**KAPITEL 11 / CHAPTER 11.****ECOLOGICAL AND ECONOMIC FEASIBILITY OF PROTECTION AGAINST CORROSION OF METAL STRUCTURES, MACHINES AND PRODUCTS BY ENVIRONMENTALLY FRIENDLY PLANT-BASED MEDIA (CONTRRUST TYPE)**

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ЗАЩИТЫ ОТ КОРРОЗИИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ, МАШИН И ИЗДЕЛИЙ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫМИ СРЕДСТВАМИ НА РАСТИТЕЛЬНОЙ ОСНОВЕ (ТИПА CONTRRUST)

DOI: 10.30888/978-3-9821783-0-1.2020-01-01-074

Вступ.

Величезні затрати на заміну чи відновлення вражених корозією металевих частин, деталей машин і устаткування, конструкцій будівель і виробів широкого вжитку спонукають людство до пошуків засобів захисту від корозії. Дослідження і досвід багаторічної експлуатації металевих виробів показують, що найважливішим моментом у захисті і запобіганні корозії є надійна і правильна підготовка поверхонь металів до пофарбування. Легше і надійніше запобігти процесу корозії, ніж зупинити і відновити вражені деталі і вироби.

Відомо багато досліджень процесів корозії і улаштування захисних покриттів. Існує також багато речовин для очистки поверхонь, інгібіторів, напилень, домішок і т.п. Екологічно безпечних, ефективних засобів рослинного походження не представлено. Є вже запатентований перетворювач «CONTRRUST» Патент № (11) 61544, автор Висоцька Л.М. Але його застосування і просування на ринку ще іде досить повільно.

Основна частина.

Метою роботи є вивчення впливу на металеві вироби та навколишнє середовище корозії і процесів, що відбуваються в ході кородування металів, для знаходження надійних реагентів погашення мікроджерел корозії і створення надійної плівки (захисного шару) на поверхні до пофарбування, під якою неможливий початок корозії під захисним шаром і підвищення корозійної стійкості металевих конструкцій.

В силу об'єктивних і суб'єктивних причин; недобросовісної конкуренції, некомпетентності, корупції і т.д. на сучасному етапі розвитку виробництва, науки і техніки втрати від корозії в промислово розвинених країнах досягають 3-5 % національного доходу. В Україні проблеми з корозією значно більші внаслідок ряду причин. Більшість споруд, які все ще знаходяться в



експлуатації, якраз досягли критичного віку 40-60 років. Фахівці вважають, що об'єкти з таким терміном служби близькі або знаходяться в передаварійному стані. Особливо це стосується металургійних і хімічних підприємств, нафто- і газопроводів, плавзасобів, де елементи і конструкції працюють в високоагресивних середовищах. Саме з причини корозії на рік втрачається 1,5...2 % з 100 млн. тонн конструкцій, що використовуються. Це приводить до мільярдів доларів збитків, виникнення надзвичайних ситуацій, екологічних катастроф.

Особливий збиток приносить корозія металів. Найпоширеніший і найбільш знайомий усім нам вид корозії – іржавіння заліза. Тому арки мостів ферми, балки та інші конструкції і вироби з металу треба захищати комплексно. Корозія – це фізико-хімічна взаємодія металу з середовищем, що веде до руйнування металу. В результаті корозії метали переходять в стійкі сполуки – оксиди або солі, у вигляді яких вони знаходяться в природі. Корозія з'їдає до 10 відсотків виробленого в країні металу. Важко врахувати непрямі втрати від простоїв і зниження продуктивності устаткування, що піддалося корозії, від порушення нормального ходу технологічних процесів, від аварій, обумовлених зниженням міцності металевих конструкцій.

Іржа – це шар частково гідратованих оксидів заліза, що утворюється на поверхні заліза і деяких його сплавів в результаті корозії.

За механізмом корозія буває **хімічна, електрохімічна** (процес електрохімічної корозії можна уповільнити не лише шляхом безпосереднього гальмування анодного процесу, але також впливаючи на швидкість катодного. Найбільш поширені два катодних процеси: розряд водневих іонів ($2e + 2H^+ = H_2$) і відновлення розчиненого кисню



які часто називають відповідно водневою і кисневою деполяризацією, **газова, атмосферна корозія, рідинна корозія, підземна корозія** (характерною особливістю підземної корозії є різниця в швидкості (в десятки тисяч разів) доставки кисню (основного деполяризатора) до поверхні підземних конструкцій у різних ґрунтах).

Сучасний захист металів від корозії базується на таких методах: підвищення хімічного опору конструкційних матеріалів, ізоляція поверхні металу від агресивного середовища, зниження агресивності виробничого



середовища, зниження корозії накладенням зовнішнього струму (електрохімічний захист).

Ідеальний захист від корозії на 80 % забезпечується правильною підготовкою поверхні і тільки на 20 % якістю лакофарбових матеріалів, що використовуються, і способом їх нанесення.

Тривалість і ефективність покриття по сталевих поверхнях залежать в дуже великій мірі від того, як ретельно підготовлено поверхню для фарбування. Підготовка поверхні полягає в попередній підготовці, що має на меті усунення окалини, іржі та сторонніх речовин, якщо вони є, зі сталевій поверхні перед нанесенням заводської ґрунтовки або праймера. Вторинна підготовка поверхні спрямована на усунення іржі або сторонніх речовин, якщо вони є, зі сталевій поверхні із заводською ґрунтовкою або праймером до нанесення антикорозійної фарбувальної системи.

За останні роки цій проблемі не тільки не приділяється увага на державному рівні, а й практично припинили своє існування галузеві системи нагляду за експлуатацією будівель і споруд. На теперішній час має місце значне відставання як в організаційному плані, так і за рівнем технологій антикорозійного захисту: у нас немає сформованого напрямку і відпрацьованої обов'язкової системи обстеження об'єктів, правил включення інноваційних технологій в проектно-кошторисну документацію та нормативні документи з метою підвищення корозійної стійкості експлуатованих об'єктів, довгобудів і металопрокату на складах. Жорсткі умови експлуатації металоконструкцій і підвищені вимоги їх технічного стану визначають необхідність застосування надійних, екологічно чистих і економічно вигідних засобів для антикорозійного захисту поверхні виробів та зниження швидкості корозії сталевих конструкцій, що експлуатуються в атмосферних умовах і технологічних середовищах.

Для вирішення проблем корозії металоконструкцій, мінімізації шкоди навколишньому середовищу, здоров'ю людини та стану будівель і споруд, зменшенню трудовитрат, строків ремонту та будівництва об'єктів, досягнення високого економічного ефекту винайдений перетворювач іржі. Перетворювач складається з дубильного екстракту, харчової кислоти і води, що містить срібло у складі мас. %: дубильний екстракт 15,0...45,0, харчова кислота 3,0...2,0, решта – вода з вмістом срібла 0,001...0,05 мг / дм³. Якщо товщина іржі перевищує 300 мкм, краще щоб перетворювач містив 0,001...0,005 мас. % гептагерманата натрію (Na₆Ge₂O₇), він сприяє кращому проникненню



перетворювача в раковини металу і служить для знищення центрів корозії (Україна, Патент № 61544, С 09 D 5/08 Азербайджан, Патент №IXTIRA I 2007 0104 (Висоцька Л.М.). Для антикорозійного захисту плавзасобів, а також металоконструкцій, які постійно знаходяться в агресивних середовищах до складу перетворювача можливе додавання 10,0...15,0 мас. % рідкого натрієвого скла (Na_2O (SiO_2)).

У патенті UA 61544 розкритий перетворювач іржі, що містить мінімальну кількість компонентів, але має здатність до нанесення на іржаві поверхні, покриті конденсатом, має високу перетворюючу здатність, малий час висихання, що й забезпечує міцність отриманого покриття й стійкість його до впливу води, масла й нафти-сирцю, бензину й інших середовищ, з якими контактує покриття.

Він має такий склад (мас. %):

дубильний екстракт 15,0...45,0

харчова кислота 3,0...12,0

вода з вмістом срібла 0,001...0,05 мг/дм³ – решта.

Додатково перетворювач іржі може містити 0,001...0,005 мас. % гептагерманату натрію ($\text{Na}_6\text{Ge}_2\text{O}_7$) або 10,0...15,0 мас. % рідкого натрієвого скла.

Описана композиція найбільш пристосована для виконання певної функції: ґрунту, модифікатора, перетворювача іржі.

В процесі впровадження перетворювача іржі «CONTRRUST» було проведено удосконалення з метою досягнення ще вищого економічного ефекту і просування на міжнародні ринки, враховуючи те, що аналога немає.

Матеріал «КОНТРАСТ» відноситься до засобів для боротьби з іржею, а точніше, до композицій для боротьби з іржею на основі таніну.

Танін є природною дубильною речовиною, що утворює з оксидами заліза нерозчинні танат-комплекси. У композиціях для боротьби з іржею як танін використовують дубильні екстракти деревини (дуб, верба, ялина).

В основі нової технології боротьби з корозією лежить універсальний перетворювач іржі, засіб, який:

- має підвищені проникаючу й перетворюючу здатність і має властивості модифікатора;

- забезпечує утворення міцно зчепленої з основою металоконструкції плівки, яка має ефект інгібітору корозії, може служити як консервант і як ґрунт



із підвищеною теплостійкістю й термостабільністю, знижує наводнювання сталі, має фунгіцидні властивості;

- виключає утилізацію відпрацьованих шкідливих для здоров'я й навколишнього середовища матеріалів (оксиди заліза, оксиди кремнію й алюмінію, природний газ, вуглекислий газ), які використовуються при очищенні іржавої поверхні дорогими способами очищення (абразивно-струминний, полум'яний й полум'яно-абразивний, гідробластинг);

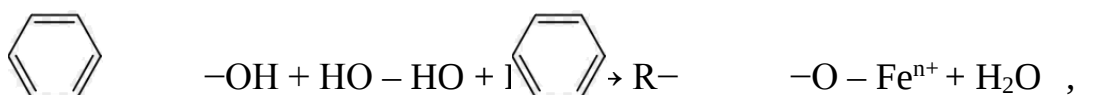
- цінною властивістю створеної речовини «КОНТРАСТ» є також можливість створення композиції для приготування перетворювача іржі, яка була б зручна при транспортуванні, зберіганні й приготуванні перетворювача іржі.

Ще одним важливим моментом є розробка способу приготування перетворювача іржі у вигляді концентрату, і це втілено на підприємстві ПП «Руслан і Людмила»

В перетворювачі іржі модифікації «А» ДСТУ № 4372:2005 (додаток № 4), що включає дубильний екстракт, щавлеву кислоту, джерело срібла й воду як джерело срібла використане азотнокисле срібло. Перетворювач додатково містить оксиетилидендифосфонову кислоту-1 і дубильний екстракт.

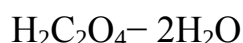
Дубильні екстракти – це речовини, які екстрагуються паром з дубильної деревини і кори дуба, верби, ялини та ін. В перетворювачі іржі зв'язуючими і пасивуючими іржу є таніни – основний компонент сухої частини дубильних екстрактів. За хімічною будовою таніни – це поліфеноли, будова яких дуже складна.

З іржею і поверхнею металу таніни взаємодіють своїми гідроксидними групами. Хімізм реакції можливо представити таким чином:



де $\text{Fe}^{\text{n}+}$ – іон заліза наявний в іржі; n може бути рівним 2 або 3

щавлева кислота 3,80...7,72



азотнокисле срібло 0,01...0,10



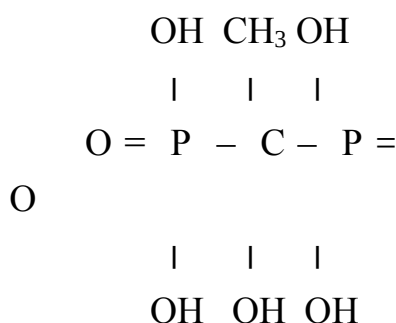
оксиетилидендифосфонові кислота-1 0,15...0,67

вода або вода зі спиртом решта



Оксиетилидендифосфонова кислота-1(ОЕДФ), будучи розчиненою у воді, має поверхневу активність, тому сприяє швидкому проникненню перетворювача в пори іржі, навіть найдрібніші. ОЕДФ синергетично підсилює перетворюючу здатність танінів. На основі металокопструкції утворюється міцно зчеплена з нею танатна плівка, яка має ефект інгібітору корозії. Плівка знижує наводнювання сталі – небезпечне явище, яке робить сталь крихкою і яке відбувається під впливом на сталь органічних кислот. Плівка служить як ґрунт із високою теплостійкістю й термостабільністю при наступному нанесенні лакофарбових і ізоляційних покриттів.

Проникаючи в пори окалини, ОЕДФ пасивує велику кількість продуктів корозії, що приводить до відшаровування окалини від прокородованого металу й до виникнення адгезивного контакту між ним і ґрунтувальним покриттям. Вступаючи в хімічну реакцію з поверхнею металу, утворює плівку. Плівка, що утворилася, має ефект інгібітору, не дозволяє вступати в реакцію активної поверхні заліза з киснем у вологому середовищі. Поверхня стає більш стійкою до корозії:



Наявність у воді азотнокислого срібла в комбінації з ОЕДФ дозволяє досягати глибокої дифузії перетворювача в шар іржі, що сприяє утворенню міцної плівки з високою адгезією. Одержане покриття має високу стійкість до впливу води, масел, нафти-сирцю й газів, що утворюються під землею при блукаючих струмах.

Завдяки додаванню азотнокислого срібла поверхня металокопструкції, оброблена перетворювачем, і сам перетворювач не зазнає біокорозії. Особливо ефективно використання азотнокислого срібла при підвищеному вмісті в контактуючій з металокопструкцією воді хлорид іонів, які активізують процеси корозії. Для нейтралізації додається азотнокисле срібло, яке взаємодіє в реакції іонів срібла з іонами хлору $\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- = \text{AgCl} \downarrow$ (іони хлору випадають в осад).

Крім того, азотнокисле срібло не випадає в осад при зберіганні



перетворювача іржі, що має місце в перетворювачі іржі за патентом UA 61544, у якому використовується колоїдне срібло.

Триполіфосфат натрію, гексаметафосфат натрію й гліюксаль ще більше підсилюють інгібіторні властивості плівки, що надалі запобігає загальнокорозійному процесу.

Лимонна кислота підсилює консервуючі властивості перетворювача іржі й він може успішно застосовуватися як консервант для запобігання корозії при зберіганні металопрокату й металевих елементів і конструкцій.

В композиції для приготування перетворювача іржі, що включає дубильний екстракт, щавлеву кислоту й срібло, як джерело срібла використане азотнокисле срібло, і вона додатково містить оксиетилидендифосфонову кислоту-1 при такому співвідношенні компонентів, у мас. % (модифікація «Б» (пастоподібна суміш) ДСТУ 4372:2005):

дубильний екстракт	49,00 – 76,00
щавлева кислота	23,00 – 47,00
азотнокисле срібло	0,05 – 0,60
оксиетилидендифосфорова кислота-1	0,95 – 4,00.

Краще, щоб композиція містила також такі компоненти, мас. %

триполіфосфат натрію	0,40 – 1,30
гексаметафосфат натрію	0,40 – 1,30
гліюксаль	3,10 – 3,45

Композиція може містити також 0,90 – 3,50 мас. % лимонної кислоти.

Композиція може містити воду в пропорції: на одну масову частину композиції 0,20 – 0,50 масових частин води.

Згідно з винаходом третє завдання вирішується тим, що описану вище композицію змішують із водою в пропорції на одну масову частину композиції 5 – 6,25 масових частин води. При необхідності 0,10 – 0,30 мас. % води замінюють спиртом.

Композиція для приготування перетворювача іржі згідно з винаходом може бути або у вигляді сухої суміші, або у вигляді пастоподібної суміші. Для одержання сухої суміші (модифікація «В» ДСТУ 4372:2005) порошкоподібні компоненти змішують у необхідних кількостях і фасують у паперову або полімерну упаковку. Вагу сухої суміші в упаковці розраховують на певну кількість води, яка необхідна для одержання перетворювача іржі, готового до застосування модифікації «А» рідина.



Готовий перетворювач іржі являє собою рідину коричневого кольору, що має такі характеристики:

pH	0,5 – 2,2 моль/л
в'язкість за ВЗ при $20 \pm 20^\circ\text{C}$	9 – 12 сек.
питома вага	1,08 г/см ³
витрата	40 – 120 г на 1 м ²

Перетворювач іржі «КОНТРАСТ» модифікації «А», «Б», «В», починаючи з 2000 року, пройшов успішні випробування і отримав позитивні відгуки від споживачів, має нагороди.

Існує велика кількість різних станів металевих поверхонь, що вимагають очищення перед фарбуванням. Насамперед, це стосується ремонту раніше пофарбованих об'єктів. Вік об'єкта і його розташування, якість вихідної поверхні, властивості старого лакофарбового покриття і кількість дефектів, тип попередніх і майбутніх агресивних умов і передбачувана система захисних покриттів – все це впливає на вибір методів майбутньої підготовки поверхні перед фарбуванням. При виборі методу підготовки поверхні слід враховувати необхідний ступінь очищення і шорсткості поверхні, відповідні системи покриття. Ступінь підготовки поверхні вибирається з метою підвищення надійності та якості покриття, зниження вартості робіт.

Металеві поверхні, що підлягають очищенню, класифікують за ступенем окислення за стандартами **ISO 8501-01-1988** і **ISO 8504-1992**. Характеристика окислення поверхні визначається ступенем окислення:

А – поверхня сталі майже повністю покрита міцно зчепленою з металом прокатною окалиною. На поверхні майже немає іржі;

В – поверхня сталі почала іржавіти, від неї починає відшаровуватися прокатна окалина;

С – поверхня сталі, з якої в результаті корозії майже повністю зникла прокатна окалина, або з якої прокатна окалина може бути легко видалена. На поверхні сталі при візуальному огляді спостерігаються невеликі прояви корозії;

Д – поверхня сталі, з якої в результаті корозії прокатна окалина зникла і на якій спостерігається виразкова корозія на всій поверхні при візуальному огляді.

Широко відомий недолік заліза і сталі полягає в тому, що ці матеріали іржавіють, тобто піддаються одній з форм корозії. Для того, щоб продовжити термін служби дорогого устаткування і створити умови для оптимальної віддачі



від капіталовкладень, залізні і сталеві частини конструкцій зазвичай піддаються антикорозійній обробці за допомогою нанесення на них одного або декількох захисних шарів фарби та інших матеріалів. При цьому потрібно враховувати стійкість покриттів до впливу сукупності кліматичних факторів, значення яких обумовлені нормальними значеннями на відкритому повітрі різних макрокліматичних районів і категоріями розміщення пофарбованих поверхонь.

Позначення умов експлуатації за ГОСТ 9.104–79, макрокліматичних районів за ГОСТ 15150–69: помірний (У1, У2, УХЛ4, В5); холодний (ХЛ1, ХЛ2, УХЛ4, В5); тропічний сухий і тропічний вологий (Т1, Т2, Т3, В5); морський помірно холодний (ОМ1, ОМ2, ОМ3, В5) і морський тропічний (ОМ1, ОМ2, ОМ3, В5).

Перед нанесенням захисного шару необхідно провести ретельну обробку поверхні з метою отримання найкращого зчеплення фарби з поверхнею.

Існує ряд способів очищення поверхні перед фарбуванням: абразивно-струминне очищення, полум'яне і полум'яно-абразивне очищення, гідробластинг, в яких використовуються дорогі і шкідливі для здоров'я людини та навколишнього середовища матеріали (оксиди кремнію, оксиди алюмінію, окису заліза, природний газ, вуглекислий газ). Поховання відпрацьованих матеріалів приводить до підвищення собівартості робіт в десятки разів.

Одним з найбільш ефективних методів підготовки поверхонь є струминне очищення із застосуванням абразивів. Іншими методами попередньої обробки поверхонь є очищення ручне і механічне, термічне очищення та очищення із застосуванням хімічних препаратів (травлення). Останні вищезгадані методи мають різні недоліки, такі як недостатня ступінь чистоти поверхні, **нанесення шкоди здоров'ю людини і навколишньому середовищу**. Ретельна попередня обробка поверхні дуже важлива. Найкращі методи нанесення захисних покриттів по своїй дії ніколи не перевершують значення якості попередньої обробки поверхні. У більшості випадків причиною передчасного виходу з ладу захисних покриттів є недостатня (або не відповідає вимогам) попередня підготовка поверхонь, осмос та не заблоковані центри корозії в раковинах металу.

Стандарт ISO визначає сім ступенів підготовки поверхні:

–ISO–St Обробка вручну і електроінструментами.

Підготовка поверхні вручну і за допомогою електроінструментів: скріблення, зачистка дротяними щітками, механічними щітками і шліфування –



позначається буквами "St".

Перш, ніж почати очищення вручну або електроінструментами, товсті шари іржі мають бути видалені способом обрубки. Видимі забруднення від масла, жиру і бруду теж повинні бути видалені. Після очищення вручну та електроінструментами поверхня повинна бути очищена від фарби і пилу.

–ISO–St2 Ретельне очищення вручну та електроінструментами.

При поверхневому розгляді неозброєним оком, підкладка повинна виглядати очищеною від видимих слідів масла, жиру і бруду і від погано прилеглої окалини, іржі, фарби та сторонніх речовин.

–ISO–St3 Дуже ретельне очищення вручну та електроінструментами – те ж саме, що і для St2, але підкладка має бути очищена набагато більш ретельно, до появи металевих блисків.

–ISO–Sa Піскоструминне очищення.

Підготовка поверхні способом піскоструминної обробки позначається буквами "Sa". Перш ніж приступити до піскоструминного очищення, товсті шари іржі мають бути видалені методом обрубки. Видимі масляні, жирові забруднення і бруд теж повинні бути усунені. Після піскоструминної обробки підкладка має бути очищена від пилу та сміття.

–ISO–Sa1 Легке піскоструминне очищення.

При перевірці неозброєним оком поверхня повинна виглядати зачищеною від видимих масляних, жирових плям і бруду і від окалини з поганим приляганням, іржі, фарби та інших сторонніх речовин.

–ISO–Sa2 Ретельне піскоструминне очищення.

При перевірці неозброєним оком поверхня повинна виглядати зачищеною від видимих масляних, жирових плям і бруду і від більшої частини окалини, іржі, фарби та інших сторонніх речовин. Кожне залишкове забруднення повинно мати щільне прилягання.

–ISO–Sa2,5 Дуже ретельне піскоструминне очищення.

При перевірці неозброєним оком поверхня повинна виглядати зачищеною від видимих масляних, жирових плям і бруду і від більшої частини окалини, іржі, фарби та інших сторонніх речовин. Всі залишкові сліди зараження повинні виявлятися тільки у формі ледь помітних плям і смуг.

–ISO–Sa3 Піскоструминне очищення до візуально чистої сталі.

При перевірці неозброєним оком поверхня повинна виглядати зачищеною від видимих масляних, жирових плям і бруду і від більшої частини окалини,



іржі, фарби та інших сторонніх речовин. Поверхня повинна мати однорідний металевий блиск.

У відповідності до ГОСТ 9.402-80:

- пункт 3.9.2.6 прим.2: «Кварцовий пісок застосовується тільки при струменево-абразивній обробці»;
- пункт 3.9.2.7: «Струменево-абразивну обробку виконують суспензією піску або електрокорунду у воді під тиском 0,3–1,0 МПа (3,0–10,0 кгс / см²), об'ємне відношення абразиву до води має становити від 1: 6 до 1 : 1. »;
- пункт 3.9.2.8: «Для запобігання корозії чорних металів в суспензію ще вводять один з компонентів: танін 20–30 кг.м³; діохромат калій (натрій) 0,5–1,0; кальциновану соду 1,5–2,5; азотистокислий натрій 2,0–10,0»;

З практики видно низьку антикорозійну ефективність компонентів. Після очистки дуже швидко проходить реакція між «голим» металом + кисень + вода і утворюється іржа. Тому необхідно заблокувати центри глибинної корозії в раковинах металу.

При використанні струменевого очищення металевих конструкцій у кварцовому піску знаходиться набагато більше 1 % вільного кремнезему, зазвичай 80–90 %. У процесі струменевої обробки поверхні зерна піску розщеплюються на дуже дрібні мікро-частинки. Ці частинки, розміром менше 5–10 мікрон (Е) і майже невидимі, часто ще дуже довгий час залишаються в навколишньому повітрі і вдихаються робітниками і всіма, хто знаходиться поблизу місця проведення очисних робіт. Накопичуючись і затвердіваючи в легенях, викликають пошкодження легеневої тканини, що в свою чергу веде до появи респіраторних проблем. Подібний стан може перейти в силікоз (також відомий, як «хвороба запорошених легень»), хвороба, яка може завершитися фатальним результатом. Тому в багатьох країнах світу піскоструменева обробка заборонена законом.

- пункт 3.9.3: Травлення. В залежності від групи металевих виробів (1, 2, 3) залежить стан розчинів для травлення, в який входять: сірчана кислота, соляна кислота, інгібітор (катанін, ПБ-6, ХОСП-10), хлористий натрій, ортофосфорна кислота, азотна кислота, хлористе залізо, уротропін, формалін та інші високо небезпечні сполуки;

- пункт 3.9.3.6: При підготовці поверхні виробів, призначених для умов експлуатації У1, У2, У3, УХЛ4, застосовують ґрунтівки - перетворювачі іржі



для поверхонь зі ступенем окислення «А» при неможливості застосування струменево-абразивної очистки або інших методів, що забезпечує більш високу довговічність покриття.

Але ж при цьому ГОСТ 9.402-80 вказує на те, що застосований перетворювач іржі – ґрунт не повинен шкодити металевій поверхні. Якщо агресивну кислоту нанести на металеву поверхню і не змити її після реакції, то такий перетворювач іржі розчинить не тільки іржу, а і нанесе велику шкоду металевій конструкції, навколишньому середовищу і здоров'ю людини.

Діючі стандарти не передбачають застосування танінних модифікаторів іржі в процесі підготовки поверхні під покриття.

Були підготовані матеріали на розроблення ISO **“Підготовка сталевих поверхонь під консервування, міжопераційне ґрунтування, фарбування, обшивку, ізоляцію, герметизацію, бетонування та інші покриття за допомогою танінного перетворювача іржі “CONTRRUST”, а також згідно з ДСТУ БВ.2.7.-77-98 “Мастики герметизуючі бутилкаучукові”(у співавторстві Баглай А.П.Чернішов В.М. , Гутніченко Т.П., Савенко В.І. та ін.) та ДБН В.2.6-22-2001 “Улаштування покриттів із застосуванням сухих будівельних сумішей” (у співавторстві Шейніч Л.О. Савенко В.І. та ін.)**

Розроблено наукові засади, методологію, **ДСТУ 4372:2005 “Перетворювачі іржі на основі деревинної речовини”, чинний від 2006-04-01** (додаток ВСТУП), в основу якого закладено патент № 61544 та нормативну базу для забезпечення антикорозійного захисту металевих елементів та конструкцій ефективними екологічно безпечними засобами.

Проведено наукові дослідження особливостей експлуатації захисних покриттів. Створено комплекс нових протикорозійних та ізоляційних матеріалів, інноваційних технологій і технологічних процесів підготовки поверхні та нанесення покриттів, методів контролю та діагностики протикорозійного захисту, технологій, методик і технічних засобів з підвищенням надійності експлуатації протикорозійного захисту об'єктів, впровадження яких забезпечує підвищення терміну безаварійної роботи, зниження затрат на ремонтно-відновлювальні роботи, продовження строку експлуатації лакофарбових та ізоляційних покриттів та будівель.

Застосуванням перетворювача іржі “CONTRRUST” забезпечується високоякісна підготовка поверхні до завершальних робіт (застосовується в будь-яку пору року для обробки сталевих труб, кабельного оплетення, дахів,



арматурної сітки в бетон, вузлів сполучення, під сендвіч-панелі, ємностей, резервуарів, магістральних трубопроводів перед встановленням підсилювальних елементів, металевих конструкцій у шахтах, на електростанціях, на АЕС, в автосервісі, у судноремонті й суднобудуванні (баластні танки, трюми), вагоноремонті, метрополітені, на устаткуванні харчової промисловості, яке неможливо захистити від пилу, піску, іржі, при виробництві особливо чистих вибухових речовин і медичних препаратів, на металоконструкціях, призначених для експлуатації контрольно-вимірювальних приладів, для виявлення гнізд корозії в балонах високого тиску й конструкціях зі спеціальних виробів, зокрема з нержавіючої сталі, а також мікротріщин і поверхневих раковин під час виготовлення сталевих матеріалів спеціального призначення, хімічної, вугільної, нафтогазової промисловості, на об'єктах військових підприємств, на металевих конструкціях, де конструктивно використовуються накладні деталі з переривчастими зварними швами, тобто в місцях, де між з'єднаними деталями утворюються мікротріщини, у яких швидкість корозії в десятки разів більше, ніж на відкритій поверхні, при хімзахисті, вогнезахисті несучих металоконструкцій, на газопроводах без зупинки (додаток ДБН ін-т електрозварювання ім. Є.О. Патона) та в інших галузях.

Перш ніж приступити до підготовки поверхні, потрібно: обстежити об'єкт; провести дефектоскопію на предмет товщини поверхні, не зруйнованої іржею; згідно з проектно-кошторисною документацією та інструкцією виробника, під авторським наглядом, нанести перетворювач іржі "CONTRRUST".

Перетворювач іржі наносять на іржаву поверхню суцільним рівномірним шаром, без підтьоків будь-яким способом (безповітряне розпилення, шприц та ін.). Рекомендується наносити щіткою, втираючи перетворювач у поверхню.

Якщо товщина іржі понад 150 мкм і після нанесення першого шару перетворювача іржі плями іржі проявляються, треба на уражені місця нанести перетворювач іржі повторно до утворення суцільної блискучої дрібно- або крупнокристалічної антикорозійної темно-синьої плівки-ґрунту, яка має високу адгезію з покриттями, а після реакції на поверхні і в мікрощілинах та висихання перетворювача (120 хв.) покрити шпаклівкою, герметиком та пофарбувати.

Нові вироби обробляють перетворювачем іржі з метою попередження корозії в порах і на швах металу. Час висихання перетворювача іржі при температурі +20 °C складає 120 хвилин. Якщо він висихає менш, ніж за 120



хвилин, необхідно зволожувати поверхню водою шляхом напилювання або розбризкування. Якщо висихання відбувається більш, ніж за 120 хвилин, допускається сушіння теплим повітрям (обдуванням) або нанесення перетворювача іржі на розігріту поверхню.

Нанесення перетворювача іржі в теплому вигляді підвищує дифузійні властивості (змішування води і компонентів, втирання і розчеплення продуктів корозії) у 4 рази.

При нанесенні перетворювача іржі на відкритому повітрі необхідно уникати попадання опадів (туман, дощ, сніг) на поверхню до повного висихання перетворювача іржі.

На сталеві конструкції, які є постійно під впливом конденсату, перетворювач іржі наносять також способами, описаними вище. Для таких конструкцій з метою одержання гарної адгезії рекомендується надалі застосовувати покриття, які можуть наноситися на вологу поверхню, наприклад, гліфталеві фарби.

Універсальний перетворювач іржі відноситься до композицій, які наносяться на іржу й не змиваються. Не потрібна утилізація відходів як при його виробництві, так і при застосуванні.

Перетворювач іржі при його застосуванні утворює плівку товщиною 30 – 50 мкм і має такі експлуатаційні властивості:

- він замінює ступінь механічного очищення прокородованої поверхні до стану SA 2,5 за стандартом ISO 8501-1 і забезпечує один шар ґрунту;
- його перетворююча здатність при середній товщині іржі 300 мкм становить 100 %;
- він не токсичний і не пожежонебезпечний;
- стійкість плівки при 20 °С до впливу води становить 72 години, трансформаторного масла – 96 годин, нафти-сирцю – 96 годин;
- проникнення через плівку газів під землею не спостерігається;
- відшаровування плівки під землею під впливом блукаючих струмів до 1,2 вольт і при тиску 200 кгс/см² не спостерігається;
- міцність плівки при ударі не менша 4 Дж;
- адгезія плівки до лакофарбових покриттів 1–2 бали;
- при рН 0,5 – 2,2 моль/л утворена плівка-ґрунт не викликає кислотної корозії при експлуатації, так як кислотність нейтралізується при взаємодії



компонентів з продуктами корозії і тонатами.

Ці й інші властивості модифікатора іржі забезпечують його технічну й економічну ефективність.

При необхідності, шпателем наноситься двокомпонентна шпаклівка (склад шпаклівки: поліефірна смола, цемент, пісок, перетворювач іржі «КОНТРАСТ» модифікація «В», затверджувач типу гіпарис) в щілини та вм'ятини протягом 30 хвилин і залишається для затвердіння на 24 години (автор Смик Л.П.).

Перспективними для використання в антикорозійному захисті є модифіковані покриття холодного нанесення на основі водних бітумних емульсій – бітумно-латексні емульсії [1]. Матеріалами для модифікації бітумів і бітумних емульсій та отримання на їх основі емульсій з покращеними властивостями є латекси з додаванням модифікатора іржі «КОНТРАСТ» модифікації «В» можуть використовуватись мастики герметизуючі бутилкаучукові згідно з ДСТУ Б.В.2.7 - 77 - 98 або для захисту арматури та закладних і накладних деталей сухих сумішей згідно з ДБН В 2.6 - 22 2001 “Улаштування покриттів із застосуванням сухих будівельних сумішей” під загальною редакцією Лівінського О.М.

Для перевірки впливу рівня та якості підготовки поверхні на захисні властивості покриттів їх наносили на металеві пластинки з низьковуглицевої сталі, поверхні яких було підготовано такими способами: 1) механічна очистка ($Ra = 10\text{--}12$ мкм); 2) піскоструменева очистка ($Ra = 50\text{--}75$ мкм); 3) дробоструменева очистка ($Ra = 125$ мкм); 4) підготовка поверхні перетворювачем іржі «КОНТРАСТ» модифікації А». На рис. 1 наведено зовнішній вигляд даних поверхонь.

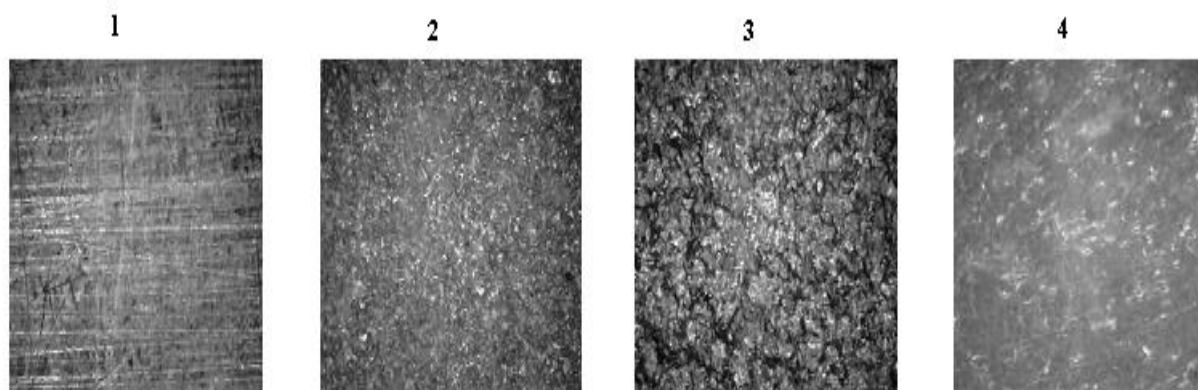


Рис. 1.



Однією із найважливіших фізико-механічних властивостей покриттів для протикорозійного захисту є адгезія покриття до основи, яку ми обрали за критерієм оцінки впливу рівня та якості підготовки поверхні на захисні властивості систем покриттів. Дослідження показали приблизно однакові результати, тобто нанесення покриття не вимагає ретельної підготовки поверхні. Результати випробувань адгезії покриття до сталі при різних способах підготовки поверхні наведено у табл. 1.

Проаналізувавши отримані результати, для подальшої роботи обрано покриття, що містить 7 % латексу стирол-бутадієнового синтетичного каучуку та розроблено 3 системи покриттів на основі водних бітумно-латексних емульсій для протикорозійного захисту, емульсії на основі полістирольного лаку і т.д.

Таблиця 1.

Результати випробувань адгезії покриття до сталі при різних способах підготовки поверхні

№ пор.	Спосіб підготовки поверхні	Адгезія до сталі, Ра				
		Кількість SBR, мас. %				
		3 %	5 %	7 %	10 %	15%
1	Механічна очистка	1,8	2,8	1,8	1,6	1,7
2	Піскоструменева очистка	1,9	2,9	1,8	1,6	1,7
3	Дробоструменева очистка	1,9	2,8	1,8	1,6	1,7
4	Перетворювач іржі «КОНТРАСТ» модифікація «А»	1,7	2,9	1,7	1,5	1,6

Наприклад, система захисту трубопроводів. Їх наведено на рис. 2.

Призначенням протикорозійного покриття (або системи покриттів) є недопущення контакту агресивних ґрунтів із сталеву поверхню трубопроводу або іншого металевого виробу та попередження утворення джерел корозії. На підготовлену поверхню перетворювачем іржі «КОНТРАСТ» можуть бути нанесені різні покриття.

Економічний ефект від застосування перетворювача іржі «КОНТРАСТ» визначається індивідуально до об'єкту. «КОНТРАСТ» впроваджено на багатьох об'єктах в різних організаціях і країнах. Загальний економічний ефект від його впровадження складає понад 62 млн. грн. на об'єктах в Україні, в тому



числі таких, як «Карпатнафтохім», Українська стрічкова фабрика, «Плавзасоби України», ВАТ «ДБК-3», ПАТ «ДБК-4» та багатьох інших.

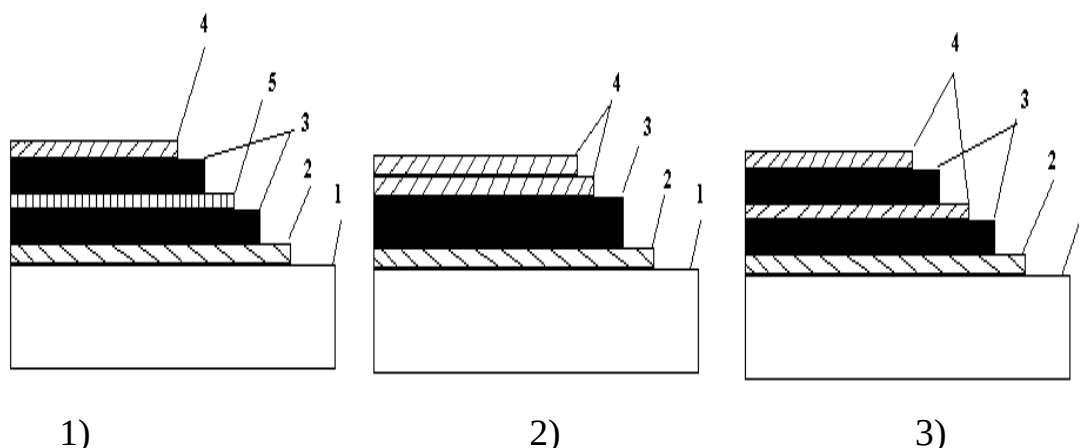


Рис. 2. Конструкції систем покриттів: 1 – сталева основа; 2 – ґрунт «КОНТТРАСТ», 3 – покриття бутилкаучуковою герметизуючою мастикою або спеціальним покриттям при потребі; 5 – армувальна сітка згідно з ДСТУ БВ.2.7.-77-98 “Мастики герметизучі бутилкаучукові” (в співавторстві Баглай А.П., Савенко В.І., Гутніченко Т.П. та ін.) або ДБН В.2.6 - 22 - 2001 Улаштування покриттів із застосуванням сухих будівельних сумішей (в співавторстві Шейніч Л.О., Савенко В.І. та ін.) 4 - покриття відповідним герметиком і фарбуванням

Для перевірки впливу антикорозійного засобу «Contrrust» на зчеплення арматури з бетоном були виконані експериментальні дослідження (рис. 3...5).

Аналіз результатів випробувань показав, що в зразках з гладкою арматурою відбулось висмикування арматурних стержнів з бетонної призми.

Середнє значення сили, при якій відбулось висмикування арматурних стержнів, для зразків з необробленою та обробленою антикорозійним засобом «Contrrust» відповідно становила 23,38 кН та 23,39 кН.

У зразках з ребристою арматурою відбулось руйнування бетонних призм (розколювання на дві частини).

Середнє значення сили, при якій відбулось розколювання бетонних призм, для зразків з необробленою та обробленою антикорозійним засобом «Contrrust» відповідно становила 29,88 кН та 30,08 кН.



Рис. 3. Дослідні зразки з гладкою арматурою до випробування



Рис. 4. Дослідний зразок з гладкою арматурою після випробування



Рис. 5. Дослідний зразок з ребристою арматурою після випробування

У результаті виконаних випробовувань встановлено, що обробка арматурних стержнів антикорозійним засобом «Contrrust» не погіршує зчеплення арматури з бетоном.

Висновки.

1. Фізико-механічні властивості консерванту перетворювача іржі



«КОНТРАСТ» та покриттів на основі водної бітумно-латексної емульсії, бутилкаучукових мастик, сухих будівельних сумішей дозволяють перетворити іржу (навіть щільну і у важкодоступних місцях) в хелатні металополімери, які надійно блокують місця корозії і під фарбовими покриттями корозія металу не відбувається.

2. Досліджено вплив рівня та якості підготовки поверхні на захисні властивості покриттів. Результати дослідження вказують на те, що покриття на основі бітумно-латексних емульсій бутилкаучукових мастик та сухих сумішей розробленого складу не потребують трудомісткої технологічно складної ретельної підготовки поверхні перед нанесенням.

3. Проведені дослідження та випробування довели, що запропоновані конструкції систем покриттів відповідають необхідним нормативним вимогам для забезпечення антикорозійного захисту нафтогазопроводів, машин та інших металовиробів і можуть мати великі перспективи, в першу чергу, для ремонту вже існуючих об'єктів.

4. Проведені дослідження в лабораторіях КНУБА та ЛНТУ показали, що у арматури, обробленої модифікатором «Contrrust», зчеплення з бетоном в залізобетонних конструкціях не погіршується. Це дає можливість в разі необхідності (в підземних спорудах, у воді, в агресивному середовищі і т.д.) захищати арматуру, закладні та накладні деталі, труби, корпуси резервуарів тощо від корозії.

5. Загальний економічний ефект від впровадження роботи складає понад 62 млн. грн. в тому числі: м. Київ, вул. Солом'янська 2а, замовник - апеляційний суд, проєктант - ЗАТ «ГППРОцивільпромбуд» – економічний ефект – 30,0 млн. грн.; ПАТ «ПВІ-ЗІТ Нафтогазізоляція» як виконавець на газопроводах Кутаїсі-Абаша (Грузія) – 10,2 млн. грн., Львів- Бобрівка – 0,743 млн. грн., Брест (Білорусія) – 0,739 млн. грн; Кампанія «Лукойл» – «Карпатнафтохім» – 6,41 млн. грн.; Харків, Сумський ринок – виконавець ТОВ «Спецбудмонтаж – Україна» – 5,8 млн. грн.; Храм, м. Київ, вул. Мічуріна 64 – 981 тис. грн., об'єкти оборонного комплексу України, в тч. Житомирський БТЗ, Шепетівській РЗ, Миколаївський БЗ, та інші.

6. Модифікатор гржі КОНТРАСТ нешкідливий для персоналу при виконанні робіт і не забруднює навколишнє середовище при меншій трудомісткості і нижчій вартості робіт.



KAPITEL 12 / CHAPTER 12.
ENERGY-ECOLOGICALLY EFFICIENT MICROJET BURNER DEVICES
OF STABILIZER TYPE

ЭНЕРГОЭКОЛОГОЭФФЕКТИВНЫЕ МИКРОФАКЕЛЬНЫЕ ГОРЕЛОЧНЫЕ
УСТРОЙСТВА СТАБИЛИЗАТОРНОГО ТИПА

DOI: 10.30888/978-3-9821783-0-1.2020-01-01-075

Введение.

Микрофакельные горелочные устройства стабилизаторного типа, как известно, имеют ряд достоинств, которые определяют их улучшенные характеристики. К таким достоинствам относятся: высокая степень равномерности поля температур в топочном пространстве, широкие диапазоны устойчивости горения и коэффициента рабочего регулирования мощности огнетехнических объектов, низкие значения потерь давления по трактам топлива и окислителя, повышенная долговечность горелочных устройств, обусловленная применением специальных систем их охлаждения и пр.

Исследованию рабочих процессов микрофакельных горелок уделяется большое внимание [1-4]. Во многих работах, посвященных изучению процессов горения, в качестве метода исследования применяется компьютерное моделирование [5-8]. Последнее позволяет получать подробную полевую информацию об основных характеристиках рабочего процесса.

В рамках данной работы исследованию подлежали микрофакельные горелки с асимметричной подачей топливного газа, которые ориентированы на применение в условиях повышенных значений коэффициента избытка воздуха ($2,0 \leq \alpha \leq 4,0$). В этой ситуации, как известно, может реализовываться низкая энергетическая эффективность горелочного устройства, что связано с повышенной химической неполнотой сжигаемого топлива. Специальная организация рабочего процесса рассматриваемых горелочных устройств призвана обеспечить их высокую энергетическую и экологическую эффективность. Такая организация базируется на системном изучении всех элементов рабочего процесса горелок рассматриваемого типа.

Цель работы.

Установить закономерности протекания рабочих процессов микрофакельных горелок с асимметричной подачей топлива и на этой основе осуществить выбор рациональных геометрических и режимных параметров, при которых обеспечивается высокая энергетическая и экологическая



эффективность предлагаемых горелочных устройств. В задачу исследования входила также разработка основных положений организации данных рабочих процессов.

Постановка задачи и методика проведения исследований.

В работе рассматриваются горелочные устройства со струйным внедрением топлива в сносящий поток окислителя. При этом подача топлива осуществляется лишь с одной из боковых поверхностей стабилизаторов пламени. Модуль предлагаемого горелочного устройства состоит из двух плоских стабилизаторов, расположенных в канале на некотором расстоянии друг от друга (рис. 1). Струйная подача топлива в каждом из стабилизаторов осуществляется через систему круглых отверстий, расположенных на его боковой поверхности. Стабилизаторы снабжены плоскими закрывками, установленными на их торцевых поверхностях. Основные функции данных закрывок состоят, во-первых, в организации двухстадийности горения, и, во-вторых, в содействии образованию устойчивых зон обратных токов в закормовой области стабилизатора пламени.

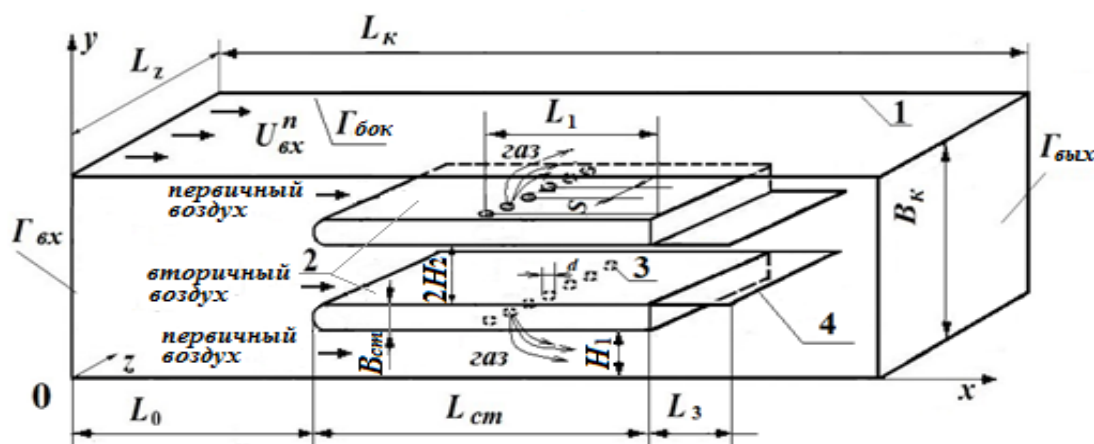


Рис. 1. Схема модуля микрофакельной горелки стабилизаторного типа с односторонней подачей топлива: 1 - плоский канал; 2 - стабилизатор пламени; 3 – газоподающие отверстия; 4 - закрывки

Математическая постановка рассматриваемой задачи имеет вид:
уравнение движения

$$\frac{\partial}{\partial \tau}(\rho \vec{U}) + \nabla \cdot (\rho \vec{U} \vec{U}) = -\nabla P + \nabla \cdot (S^*), \quad (1)$$

уравнение сплошности

$$\frac{\partial \rho}{\partial \tau} + \nabla \cdot (\rho \vec{U}) = 0, \quad (2)$$



уравнение энергии для реагирующих турбулентных потоков

$$\frac{\partial}{\partial \tau}(\rho I) + \nabla \cdot (\rho \vec{U} I) = -\nabla \cdot \vec{q}_\Sigma + q_V, \quad (3)$$

уравнение сохранения массы компонентов реагирующей смеси

$$\frac{\partial}{\partial \tau}(\rho Y_i) + \nabla \cdot (\rho \vec{U} Y_i) = -\nabla \cdot \vec{J}_i + R_i, \quad (4)$$

$i = 1, 2, \dots, N-1$

уравнение состояния

$$\rho = \frac{P}{R \cdot T \sum_i \frac{Y_i}{M_i}}, \quad (5)$$

где $\vec{U}$ – вектор скорости; τ – время; P – статическое давление; S^* – тензор напряжений, учитывающий вязкие напряжения и дополнительные напряжения, обусловленные турбулентностью; ρ – плотность; $\vec{q}_\Sigma$ – суммарный тепловой поток, включающий поток теплопроводностью и дополнительный поток, вызванный турбулентными пульсациями; q_V – источниковый член, учитывающий теплоту химических реакций и перенос теплоты радиацией; I – общая энтальпия, $I = \sum_i Y_i I_i$ (здесь I_i , Y_i – энтальпия и массовая концентрация i -го компонента); R_i – источниковый член, учитывающий скорость образования i -ой компоненты в химической реакции; $\vec{J}_i$ – поток массы i -ой компоненты, обусловленный диффузией и турбулентным переносом; M_i – молекулярная масса i -ой компоненты; N – количество компонент смеси; T – абсолютная температура; R – универсальная газовая постоянная.

Что касается граничных условий для приведенной выше системы уравнений, то они определялись следующим образом. В сечениях, отвечающих входу в канал горелочного устройства и в газоподающие отверстия, задавались постоянные значения скоростей, концентраций, температур и пр. В выходном сечении канала горелочного устройства ставились так называемые «мягкие» граничные условия – равенство нулю продольных производных всех зависимых переменных. На непроницаемых граничных поверхностях канала и стабилизаторов пламени задавались условия прилипания. На боковых поверхностях канала принимались тепловые граничные условия второго рода.

Поставленная задача решалась с использованием программного пакета



FLUENT. При этом применялся метод DES (Detached Eddy Simulation – метод моделирования отсоединенных вихрей), представляющий собой гибридный подход, в котором осуществляется переключение моделей RANS (Reynolds Averaged Navier-Stokes – полуэмпирический метод, базирующийся на осредненных по Рейнольдсу стационарных уравнениях Навье-Стокса) и LES (Large Eddy Simulation – метод моделирования крупных вихрей) в разных областях пространства.

Результаты исследований и их анализ.

Особенности протекания рабочих процессов горелок при разных значениях коэффициента избытка воздуха.

Ниже приводятся результаты компьютерного моделирования по исследованию влияния величины коэффициента избытка воздуха α на характеристики рабочего процесса в предлагаемых горелочных устройствах. Величина α варьировалась в диапазоне $2,0 \leq \alpha \leq 4,0$. При компьютерном моделировании изменение α задавалось путем изменения расхода природного газа при фиксированном расходе воздуха. Исследования проводились при неизменном соотношении расходов первичного и вторичного воздуха, которое отвечало значению ширины пристеночного H_1 и межстабилизаторного H_2 каналов 13,5 и 9,0 мм.

На рис. 2, 3 приводятся характерные результаты выполненных исследований, соответствующие таким исходным параметрам: $B_{\text{ст}} = 0,015$ м; $B_{\text{к}} = 0,075$ м; $L_{\text{к}} = 1,3$ м; $L_0 = 0,1$ м; $L_{\text{ст}} = 0,2$ м; $L_1 = 0,02$ м; $L_3 = 0,06$ м; $d = 0,002$ м; $S/d = 3,5$; коэффициент загромождения проходного сечения канала $k_f = 0,4$; скорость воздуха на входе в канал $U_{\text{вх}}^{\text{с}} = 10,0$ м / с; коэффициент избытка воздуха $\alpha = 2,0; 3,0; 4,0$.

Как свидетельствуют полученные данные, изменение коэффициента избытка воздуха существенно влияет практически на все характеристики процесса горения. Рисунок 2 иллюстрирует поля продольной составляющей скорости при значениях α , равных 2,0; 3,0 и 4,0. Согласно представленным данным большим величинам α соответствуют в целом более низкие значения скорости. При этом характер поля скорости для трех рассматриваемых ситуаций в качественном отношении аналогичен. Что касается картины линий тока, то здесь обращает на себя внимание отличие в формировании циркуляционных течений в закормовой зоне стабилизатора пламени. С



увеличением α протяженность зоны обратных токов уменьшается. К тому же, при $\alpha = 3,0$ и $4,0$ имеет место близкая по характеру структура течения с одним основным вихрем, приближенным к торцу стабилизатора пламени, а при $\alpha = 2,0$ наблюдается существенно более сложная картина течения с несколькими вихрями.

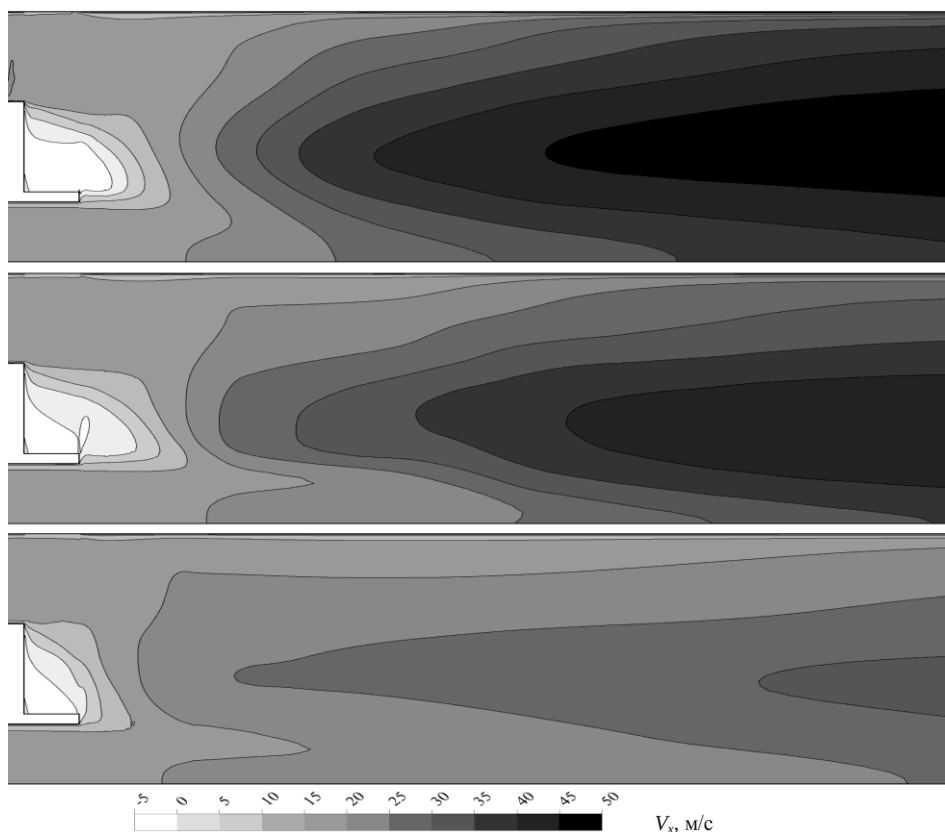


Рис. 2. Поля продольной составляющей скорости V_x в сечении, проходящем через ось газоподающих отверстий, при $H_1/H_2 = 13,5/9,0$ для различных значений общего коэффициента избытка воздуха: а) $\alpha = 2,0$; б) $\alpha = 3,0$; в) $\alpha = 4,0$

Что касается картины линий тока, то здесь обращает на себя внимание отличие в формировании циркуляционных течений в закормовой зоне стабилизатора пламени. С увеличением α протяженность зоны обратных токов уменьшается. К тому же, при $\alpha = 3,0$ и $4,0$ имеет место близкая по характеру структура течения с одним основным вихрем, приближенным к торцу стабилизатора пламени, а при $\alpha = 2,0$ наблюдается существенно более сложная картина течения с несколькими вихрями.

Изменение величины коэффициента избытка воздуха оказывает существенное влияние и на температурный режим зоны горения. Как видно из



рис. 3, вблизи стабилизатора пламени наибольшая по размеру зона высоких температур имеет место при $\alpha = 3,0$. То есть в данной зоне влияние α на уровень температур носит немонотонный характер. Это объясняется действием двух конкурирующих факторов. А именно, при увеличении α уменьшается расход топливного газа, который является причиной снижения температуры.

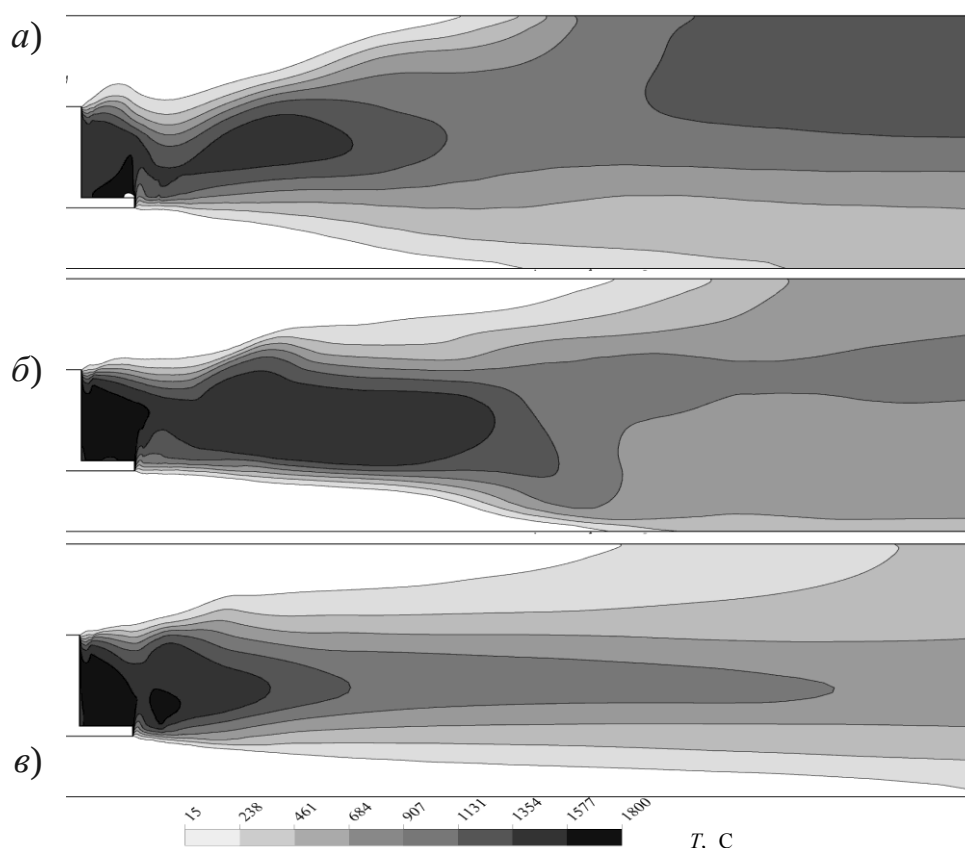


Рис. 3. Поля температур в сечении, проходящем через ось газоподающих отверстий, при $H_1/H_2 = 13,5/9,0$ для различных значений общего коэффициента избытка воздуха: а) $\alpha = 2,0$; б) $\alpha = 3,0$; в) $\alpha = 4,0$

С другой стороны рост α связан с уменьшением дальнобойности топливных струй, что должно приводить к росту температуры. Как свидетельствуют полученные данные при увеличении α от 2,0 до 3,0 доминирующим является второй из указанных факторов. А с увеличением α от 3,0 до 4,0 роль доминирующего фактора принадлежит первому из указанных.. В таблице 1 приведены результаты исследований состава газов в продуктах сгорания, величины коэффициента полноты выгорания топлива η_z и коэффициента относительной неравномерности поля температуры на выходе из канала. Согласно представленным данным, при $\alpha = 3,0$ обеспечивается как высокая эффективность выгорания топлива ($\eta_z = 0,974$), так и низкий уровень



эмиссии NO_x (95 мг/м^3). То есть соотношение расходов первичного и вторичного воздуха, соответствует значениям ширины пристеночного и межстабилизаторных каналов 13,5 и 9,0 мм, оказывается приемлемым только для величины избытка воздуха, равной 3,0. Следовательно, важной является задача определения таких эффективных соотношений для различных значений α .

Таблица 1.

Состав газов в продуктах сгорания, величины коэффициента полноты выгорания топлива и коэффициента относительной неравномерности поля температур на выходе из канала при $H_1/H_2 = 13,5/9,0$.

Коэффициент избытка воздуха, α	Показатели					
	Метан CH_4 , % об.	Оксид углерода CO , % об.	Водород H_2 , % об.	NO_x , мг/м^3	γ	η_z
$\alpha = 2$	0,589	0,4325412	0,432878	94,2178	0,43	0,75748
$\alpha = 3$	0,072	0,0324971	0,009005	95,0561	0,18	0,97418
$\alpha = 4$	0,156	0,14096	0,089462	75,412	0,54	0,86904

Анализ эффективности разных способов влияния на энергоэкологические характеристики горелочных устройств

Ниже приводятся результаты исследований, связанных с установлением эффективности различных способов воздействия на характеристики предлагаемых горелок, а именно, соотношения расходов первичного и вторичного воздуха, места подачи вторичного воздуха, геометрических параметров системы топливораспределения и пр.

Влияние соотношения расходов первичного и вторичного воздуха при разных значениях общего коэффициента избытка воздуха

На рисунке 4 и в таблице 2 приводятся результаты исследований для различных значений о соотношения расходов первичного и вторичного воздуха при $\alpha = 3,0$. В качестве примера рассматриваются три таких соотношения, соответствующие величинам ширины пристеночного и межстабилизаторного каналов $17,0/5,5 \approx 3,1$; $13,5/9,0 = 1,5$ и $10,0/12,5 = 0,8$.

Согласно полученным данным в исследуемом диапазоне изменения соотношения H_1/H_2 структура течения, температурные режимы зоны горения,



характеристики выгорания топлива существенно отличаются при варьировании величины H_1/H_2 . Так, в соответствии с результатами компьютерного моделирования, приведенными в табл. 2 и на рис. 4, сжигание топливного газа при $H_1/H_2 = 17,0/5,5$ характеризуется значительным химическим недожогом. В частности, на выходе из канала коэффициент полноты выгорания топлива составляет лишь 0,545. Наиболее высокая интенсивность выгорания топлива имеет место при соотношении H_1/H_2 , равном 10,0/12,5.

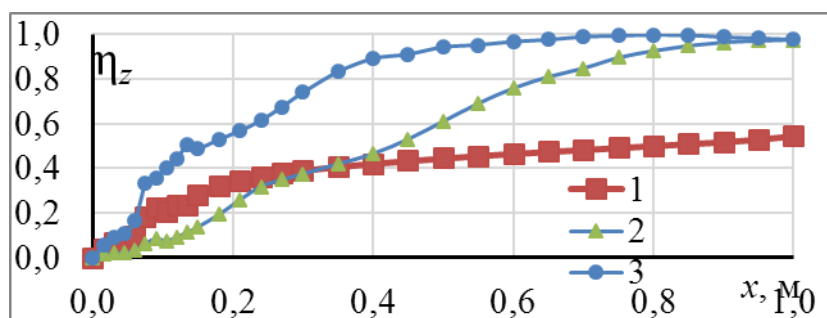


Рис. 4. Изменение коэффициента полноты выгорания топлива по длине канала при $\alpha = 3,0$ для разных значений соотношения H_1/H_2 : 1 - $H_1/H_2 = 17,0/5,5$; 2 - $13,5/9,0$; 3 - $10,0/12,5$

Данные, приведенные в таблице 2 свидетельствуют также о том, что при $H_1/H_2 = 10,0/12,5$ концентрация оксидов азота на выходе из канала относительно невелика и составляет всего 77,9 мг/м³

Таблица 2.

Состав газов в продуктах сгорания, величины коэффициента полноты выгорания топлива и коэффициента относительной неравномерности поля температур на выходе из канала при $\alpha = 3,0$

Соотношение расходов первичного и вторичного воздуха	Показатели					
	Метан CH_4 , % об.	Оксид углерода CO , % об.	Водород H_2 , % об.	NO_x , мг/м ³	γ	η_z
17,0/5,5	0,065	0,379	0,326	51,2	1,74	0,545
13,5/9,0	0,072	0,032	0,009	95	0,18	0,974
10,0/12,5	0,0003	0,005	0,002	77,9	0,29	0,995

Так что для величины коэффициента избытка воздуха $\alpha = 3,0$ оптимальное соотношение расходов первичного и вторичного воздуха соответствует



значению $H_1/H_2 = 10,0/12,5 = 0,8$. Следует заметить, что, как видно из табл. 2, при $H_1/H_2 = 13,5/9,0$ для $\alpha = 3,0$ также имеют место относительно низкие значения NO_x и сравнительно высокие величины η_z на выходе из канала. Однако темп роста η_z по длине канала для $H_1/H_2 = 10,0/12,5$ на значительном начальном участке канала существенно выше.

Выполненные исследования по выбору оптимальных соотношений расходов первичного и вторичного воздуха (которые регулируются соответствующими соотношениями ширины пристеночного и межстабилизаторного каналов) для различных значений α показали, что в рассматриваемых условиях указанные соотношения одинаковы при всех величинах коэффициента избытка воздуха. Данное оптимальное соотношение соответствует значению H_1/H_2 , равному 10,0/12,5. Как видно из таблицы 3, для $\alpha = 2,0$; 3,0 и 4,0 коэффициент полноты выгорания топлива η_z на выходе из канала приближается к единице при $H_1/H_2 = 10,0/12,5$. При этом концентрация оксидов азота не превышает 112,4 мг/м³.

Таблица 3.

Состав газов в продуктах сгорания, величины коэффициента полноты выгорания топлива и коэффициента относительной неравномерности поля температур на выходе из канала при $H_1/H_2 = 10,0/12,5$ для разных значений коэффициента избытка воздуха

Коэффициент избытка воздуха, α	Показатели					
	Метан CH_4 , % об.	Оксид углерода CO , % об.	Водород H_2 , % об.	NO_x , мг/м ³	γ	η_z
$\alpha=2$	0,001	0,125	0,067	112,4	0,42	0,999
$\alpha=3$	0,0003	0,005	0,002	77,9	0,29	0,995
$\alpha=4$	0,006	0,015	0,002	70,78	0,27	0,999

Особенности влияния места подачи вторичного воздуха.

Варьирование места подачи вторичного воздуха в зону горения регулируется путем изменения длины закрылка L_3 , установленного на торцевой поверхности стабилизатора пламени. При проведении исследований длина закрылка изменялась в пределах $45 \cdot 10^{-3} \text{ м} \leq L_3 \leq 90 \cdot 10^{-3} \text{ м}$. Верхний предел указанного диапазона определялся из соображений конструктивной прочности горелочного устройства.



Ниже в качестве примера приводятся результаты исследований по определению закономерностей влияния величины L_3 , на протекание рабочего процесса в предлагаемых горелках для условий, соответствующих $\alpha = 3,0$ и $H_1/H_2 = 13,5/9,0$. Характерные результаты выполненных исследований представлены в табл. 4. Как свидетельствуют полученные данные, длина закрывка L_3 оказывает существенное влияние на характеристики течения, температурный режим зоны горения, состав продуктов сгорания и пр. В таблице 4 приводятся данные о составе продуктов сгорания, величинах коэффициента выгорания топлива η_z и коэффициента относительной неравномерности поля температуры на выходе из канала. Согласно представленным результатам коэффициент полноты выгорания топлива η_z растет с увеличением длины закрывка. При этом увеличение L_3 от $45 \cdot 10^{-3}$ м до $60 \cdot 10^{-3}$ м приводит к заметному повышению η_z на выходе из канала - от величины 0,896 до 0,974.

Что касается дальнейшего увеличения L_3 от $60 \cdot 10^{-3}$ м до $90 \cdot 10^{-3}$ м, то здесь повышение η_z оказывается незначительным – от 0,974 до 0,983. При этом для всех рассмотренных значений L_3 эмиссия NO_x не превышает предела современных жестких норм.

Таблица 4.

Состав газов в продуктах сгорания, величины коэффициента полноты выгорания топлива и коэффициента относительной неравномерности поля температуры при $H_1/H_2 = 13,5/9,0$ и $\alpha = 3,0$ для разных значений L_3

Координата места подачи вторичного воздуха L_3 , 10^{-3} м	Показатели					
	Метан CH_4 , % об.	Оксид углерода CO , % об.	Водород H_2 , % об.	NO_x , мг/м^3	γ	η_z
45	0,038	0,215	0,147	70,1	0,39	0,896
60	0,072	0,032	0,009	95	0,18	0,974
90	0,017	0,069	0,047	79,6	0,16	0,983

Таким образом, на основе выполненных исследований можно сделать вывод о том, что координата места подачи в пламя вторичного воздуха, регулируемая длиной закрывка, должна превышать определенную величину, которая в данных условиях составляет $60 \cdot 10^{-3}$ м.



Закономерности влияния геометрических параметров системы топливораспределения

Ниже приводятся результаты исследований влияния на характеристики рабочего процесса предлагаемых горелок одного из важных параметров системы топливораспределения величины L_1 , которой устанавливается расположение газоподающих отверстий относительно срывной кромки стабилизаторов пламени. В рамках выполненных исследований значение L_1 менялось

от $10 \cdot 10^{-3}$ м до $30 \cdot 10^{-3}$ м.

В качестве примера ниже приводятся данные по исследованию влияния величины L_1 для ситуации, соответствующей таким параметрам:

$$H_1/H_2 = 13,5/9,0; L_3 = 60 \cdot 10^{-3} \text{ м}, \alpha = 3,0.$$

На рис. 5, 6 и в табл. 5 представлены соответствующие результаты численных исследований.

Согласно полученным данным величина L_1 существенно влияет на характеристики всех элементов рабочего процесса исследуемых горелок. Так, с ростом L_1 значительно меняется картина циркуляционного течения в закормовой области стабилизатора пламени. Например, длина зоны обратных токов за стабилизатором при увеличении L_1

от $10 \cdot 10^{-3}$ м до $20 \cdot 10^{-3}$ м возрастает от $26,8 \cdot 10^{-3}$ м до $58,8 \cdot 10^{-3}$ м,

а при дальнейшем увеличении L_1 до $30 \cdot 10^{-3}$ м – снижается до $23,3 \cdot 10^{-3}$ м.

Таблица 5.

Состав газов в продуктах сгорания, величины коэффициента полноты выгорания топлива и коэффициента относительной неравномерности поля температур на выходе из канала при $H_1/H_2 = 13,5/9,0$; $L_3 = 60 \cdot 10^{-3}$ м и $\alpha = 3,0$ для разных значений L_1

Параметр системы топливораспределения L_1 , 10^{-3} м	Показатели					
	Метан CH_4 , % об.	Оксид углерода CO , % об.	Водород H_2 , % об.	NO_x , мг/м ³	γ	η_z
10	0,213	0,616	0,495	52,6	0,74	0,68
20	0,072	0,032	0,009	95	0,18	0,974
30	0,042	0,12	0,052	74,8	0,12	0,965

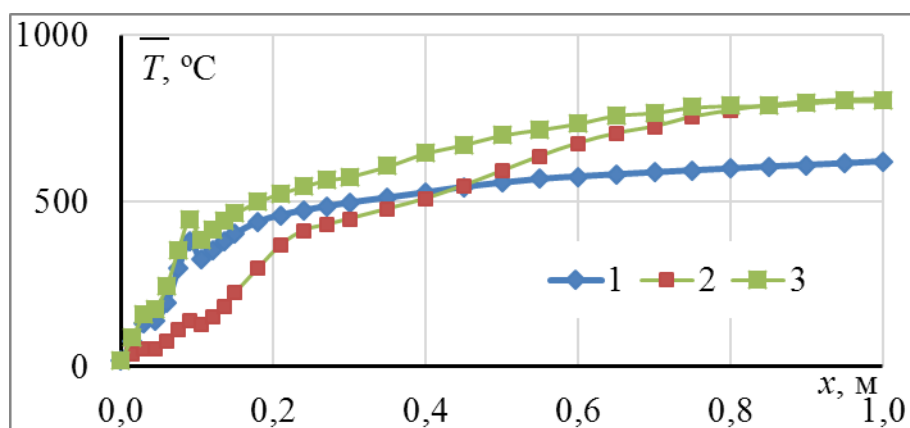


Рис. 5. Распределение среднемассовой температуры по длине канала при $H_1/H_2 = 13,5/9,0$;

$L_3 = 60 \cdot 10^{-3}$ м и $\alpha = 3,0$ для различных значений расстояния L_1 : 1 - $L_1 = 10 \cdot 10^{-3}$ м; 2 - $L_1 = 20 \cdot 10^{-3}$ м; 3 - $L_1 = 30 \cdot 10^{-3}$ м.

При варьировании величины L_1 существенно изменяются также характеристики температурных режимов зоны горения. Так, картины полей среднеквадратичных пульсаций температуры при различных значениях L_1 оказываются качественно отличными. В частности, с ростом L_1 зоны повышенных значений пульсаций температуры увеличиваются по размеру и приближаются к торцевой поверхности стабилизатора пламени.

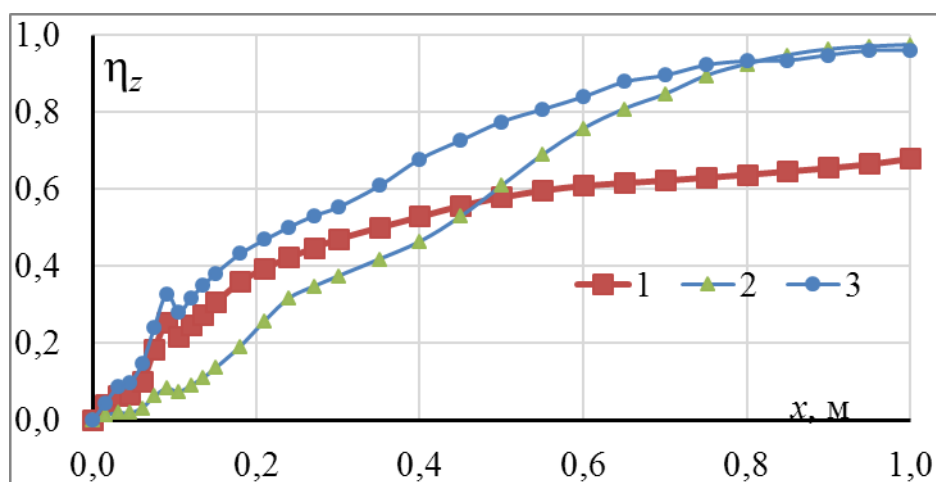


Рис. 6. Изменение коэффициента полноты выгорания топлива по длине канала при $H_1/H_2 = 13,5/9,0$; $L_3 = 60 \cdot 10^{-3}$ м та $\alpha = 3,0$ для различных значений расстояния L_1 : 1 - $L_1 = 10 \cdot 10^{-3}$ м; 2 - $L_1 = 20 \cdot 10^{-3}$ м; 3 - $L_1 = 30 \cdot 10^{-3}$ м

Как свидетельствуют полученные данные, имеют место также заметные различия в закономерностях поведения среднемассовой температуры по длине



канала при различных величинах L_1 (рис. 5). При этом обращает на себя внимание факт ярко выраженной корреляции между характером изменения среднemasсовой температуры и коэффициента полноты выгорания топлива η_z для всех значений расстояния L_1 (сопоставьте данные на рис. 5 и 6).

Важно отметить, что при $L_1 = 10 \cdot 10^{-3}$ м не обеспечивается необходимый уровень полноты сгорания топлива. (Значение η_z на выходе из канала составляет лишь 0,68). Повышение L_1 до $20 \cdot 10^{-3}$ м и $30 \cdot 10^{-3}$ м позволяет достичь на выходе из канала высоких значений η_z , составляющих соответственно 0,974 и 0,965.

Таким образом, геометрический параметр системы топливораспределения L_1 , которым устанавливается расположение газоподающих отверстий относительно срывной кромки стабилизатора пламени, для обеспечения высокой энергоэкологической эффективности горелочных устройств составляет $(20 \dots 30) \cdot 10^{-3}$ м в исследуемом диапазоне изменения α .

Основные положения по организации рабочих процессов исследуемых горелочных устройств

По результатам выполненных исследований разработаны основные положения, касающиеся условий организации рабочих процессов рассматриваемых горелочных устройств, при которых обеспечивается их высокие энергетические и экологические характеристики. На рисунке 7 приводятся формулировки данных положений и указываются результирующие эффекты, вызванные их реализацией.

Рассмотрим несколько подробнее содержание каждого из приведенных положений. Что касается первого из них, то здесь необходимо отметить следующее. При сжигания топливного газа при относительно высоких значениях коэффициента избытка воздуха ($\alpha > 2,0$), как уже отмечалось, может иметь место повышенная химическая неполнота сгорания топлива, и соответственно низкая энергетическая эффективность горелки. Предлагаемое горелочное устройство свободно от данного недостатка. Это достигается благодаря организации двухстадийности горения при распределении потоков воздуха на первичный, подаваемый до места начала горения, и вторичный, который подается непосредственно в пламя за закрылком. То есть в рассматриваемой горелке реализуется следующая схема: «горения при относительно небольших избытках воздуха» $\rightarrow$ «резкое разбавления» и «бедное горения». Применение такой двухстадийной схемы позволяет повысить



температуру на первой стадии горения, резко уменьшить эмиссию CO, а затем обеспечить высокую степень полноты сгорания топливного газа.



Рис. 7. Общие положения по организации рабочих процессов горелок с асимметричной подачей топлива

Относительно второго положения, связанного с выбором соотношения расходов первичного и вторичного воздуха, которое обеспечивается варьированием ширины межстабилизаторного и пристеночных каналов. Выполненные исследования показали, что данное соотношение существенно влияет на энергоэкологические характеристики горелочного устройства. Установлено, что при определенной величине соотношения расходов первичного и вторичного воздуха обеспечивается высокая эффективность сжигания топливного газа. Это обуславливает постановку задачи определения такого соотношения.

Третье положение касается схемы течения первичного и вторичного воздуха. Благодаря реализации прямооточной аэродинамической схемы течения первичного и вторичного воздуха обеспечиваются низкие уровни потерь давления по тракту окислителя и топлива. Кроме того, применение схемы подачи топливного газа во внутреннюю полость стабилизатора пламени позволяет применять этот газ как охлаждающий агент и осуществлять так



называемое самоохладения стенок стабилизаторов пламени.

Что касается четвертого положения, связанного с применением поперечной потоку первичного воздуха многоструйной подачи топливного газа. Благодаря этой схеме подачи топлива создаются условия для реализации благоприятной микрофакельной структуры первичной зоны горения. Кроме того указанная распределенная подача топлива обеспечивает эффективное предварительное смесеобразования топлива и части окислителя, что обеспечивает высокий уровень гомогенизации горючей смеси, и как следствие снижение эмиссии токсичных продуктов сгорания.

Пятое положение связано с обеспечением надежной стабилизации пламени. Последнее реализуется благодаря рециркуляционным течениям в закормовых областях стабилизаторов. Выполненные исследования показали, что для формирования таких течений необходимо установление специальных закрылков на торцах стабилизаторов пламени с противоположной стороны от плоскости расположения газоподающих отверстий.

Следует отметить, что разработанные положения термогазодинамики рассматриваемых микрофакельных горелочных устройств, являются основой для конструирования их конкретных модификаций, отвечающих заданным условиям эксплуатации.

Выводы

Для микрофакельных горелочных устройств с асимметричной подачей топлива, ориентированных на применение в условиях относительно высоких значений коэффициента избытка воздуха ($2,0 \leq \alpha \leq 4,0$), установлены основные закономерности протекания различных составляющих их рабочих процессов - течения, смесеобразования топлива и окислителя, выгорания топлива, формирования температурных полей в зоне горения и пр. При этом:

1. Исследована возможность обеспечения высокой энергетической и экологической эффективности данных горелок путем применения различных способов воздействия на их характеристики, такие как соотношение расходов первичного и вторичного воздуха, расположение места подачи вторичного воздуха, геометрические параметры системы топливораспределения и др.

- для разных значений общего коэффициента избытка воздуха α установлена величина соотношения расходов первичного и вторичного воздуха, при которой реализуются наиболее благоприятные значения энергоэкологических характеристик горелок; данная величина, определяемая



соответствующими соотношениями ширины пристеночного и межстабилизаторного каналов горелки, и составляет в исследуемых условиях 10,0/12,5;

- определено значение координат подачи в пламя вторичного воздуха, необходимое для эффективного сжигания топливного газа; данная координата, регулируемая длиной закрывка, должна превышать $60 \cdot 10^{-3}$ м.

- установлены геометрические параметры системы топливораспределения, соответствующие обеспечению улучшенных энергетических и экологических показателей горелочных устройств; в частности, показано, что параметр L_1 , которым определяется расположение газоподающих отверстий относительно срывной кромки стабилизатора пламени, для обеспечения высокой энергоэкологической эффективности горелочных устройств должен составлять $(20 \dots 30) \cdot 10^{-3}$ м в исследуемом диапазоне изменения α .

2. Разработаны общие положения по организации рабочих процессов в энергоэкологически эффективных стабилизаторных горелках с асимметричной подачей топлива и даны рекомендации по выбору их характеристик соответственно условиям эксплуатации.



KAPITEL 13 / CHAPTER 13.
ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT IN THE IMPLEMENTATION
OF THE PROJECT OF RECONSTRUCTION OF THE KYIV ZOO
ZOOLOGICAL PARK

ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ
ПРОЕКТА РЕКОНСТРУКЦИИ КИЕВСКОГО ЗООЛОГИЧЕСКОГО ПАРКА

DOI: 10.30888/978-3-9821783-0-1.2020-01-01-076

Вступ.

Серед сучасних підходів до розвитку рекреації і туризму в країні актуальною є проблема активізації на рекреаційно-туристичних територіях таких атракцій, як зоологічні парки. До вивчення їх діяльності як рекреаційно-туристичних об'єктів, здатних генерувати значний інтерес у вітчизняного та зарубіжного споживача, необхідно застосовувати комплексний підхід, що вирішує питання управлінських, організаційних, інноваційних, кадрових і фінансових відносин, і має забезпечити підвищення економічної конкурентоспроможності та інвестиційної привабливості. Перелічені аспекти актуальності й визначили тему і напрям даного дослідження.

Основна частина.

Проблеми ефективної діяльності зоологічних парків висвітлено в працях А. Бедворз [6], А. Бриман [6], Г. Марвін [11], Б. Муллан [11], В. Фрост [8], К. Хеджинботом [10], М. Шаклі [12] та ін. Водночас, незважаючи на значну кількість робіт з цієї тематики, залишаються недостатньо дослідженими економічна сутність, інвестиційна привабливість та конкурентоспроможність зазначених підприємств.

Метою дослідження є оцінка й аналіз зоологічних парків у контексті їх конкурентоспроможності як об'єктів рекреаційно-туристичного призначення.

В останні роки соціально-економічна роль зоологічних парків зазнала значних змін [1]. Поряд з охороною природи та екологічною просвітою, традиційно притаманним зоопаркам, особливого значення набули послуги рекреаційно-туристської сфери (рис. 1), що проводяться на їх територіях та складають значну частину їх доходів [13].

З одного боку, розвитку туризму та рекреації передувало та сприяло саме природоохоронне призначення цих установ, з іншого – свідоме нехтування рекреаційно-туристською сферою негативно впливає на показники їх господарської діяльності та створює напругу на місцеві та національні



бюджети, завдячуючи яким (в більшості випадків) вони досі існують.

За даними Асоціації зоопарків та акваріумів (AZA) з-поміж 224 акредитованих зоопарків з 7 країн світу форми власності розподілились наступним чином: 54 % – неприбуткові організації, 35 % – в державній власності, 11 % – у комерційній власності [14].

Зоопарки неприбуткової та державної форм власності потребують додаткового бюджетного фінансування, адже виторг від реалізації вхідних квитків зазвичай лише на 50 % покриває поточні витрати [9], і тому особливого значення набувають інші послуги рекреаційно-туристського спрямування, що складають дохід зоологічних парків (рис. 2), який залежить від кількості відвідувачів.

У світі налічується понад 10 тис. зоопарків [1], тому дуже складно оцінити їх відвідуваність. За даними Всесвітньої організації зоопарків та акваріумів: 1550 акредитованих ними зоологічних парків з різних куточків світу щорічно відвідують понад 700 млн осіб [9] (майже 10 % населення планети).



Рис. 1. Функції, призначення та мета діяльності зоопарків



Рис. 2. Додаткові послуги зоологічних парків



Туристичне призначення зоологічних парків є очевидним з огляду на дані про відвідуваність: наприклад, в зоологічному парку м. Лондон 87 % відвідувачів – британці, а 13% (понад 130 тис. осіб) – іноземні відвідувачі. В Австралії з 8 млн відвідувачів 5 млн – місцеве населення, а 3 млн – міжнародні туристи [5, 8].

Основним індикатором конкурентоспроможності зоологічних парків виступає рекреант або турист, вибір якого базується на суб'єктивній оцінці конкурентних переваг та власній мотивації відвідування. З огляду на це відвідувачів можна умовно розділити на 5 груп [7]:

дослідники – їх рушійною силою є цікавість, вони прагнуть дізнатися якомога більше про все, з чим вони можуть зіткнутися в зоопарку;

посередники – націлені, насамперед, на передачі досвіду і навчанні інших в невеликій соціальній групі, яку супроводжують;

професіонали/любители – відчують тісний зв'язок між задачами установи та їх професійним захопленням або хобі;

шукачі пригод – у першу чергу отримують задоволення від факту відвідування цікавого та важливого місця;

духовні паломники – прагнуть до балансу між спогляданням та відпочинком.

Керівництво зоопарків постійно спрямовує зусилля на збільшення середнього часу перебування відвідувачів на території з метою реалізації їм додаткових товарів та послуг. Тому, асортимент послуг зоопарків постійно розширюється, а інфраструктура перебудовується у відповідності зі змінами споживчого попиту.

За формами виникнення та прояву конкурентні переваги зоопарків поділяємо на *зовнішні* (асортимент послуг, цінова політика, якість, імідж та репутація), що базуються на відмітних якостях послуг, які утворюють цінність для відвідувачів, та *внутрішні* (природоохоронна діяльність, освітньо-наукова діяльність, рекреаційна діяльність, маркетингова діяльність) засновані на функціональних сферах діяльності зоопарків і характеризують їхні цінності для виробника.

Ціна та якість виступають безумовною конкурентною перевагою основних послуг зоопарків, адже вони реалізуються за цінами, які дорівнюють або нижче собівартості. На ціну також впливає масовість відвідування, від чого значно зменшуються витрати на обслуговування одного відвідувача.



Вартість відвідування зоопарку в Токіо, який щорічно має понад 1,5 млн відвідувачів, й Сан-Дієго (3,3 млн відвідувачів) буде вищою, ніж у зоопарках Пекіна (11 млн) та Мехіко (12 млн).

Важливою є маркетингова діяльність, що здатна створювати позитивний імідж зоопарків завдяки проведенню екологічних акцій та свят, пропаганди збереження природи та реалізації різноманітних компліментарних та сувенірних товарів, зображень та серії іграшок тварин-зірок (наприклад, косоокий опосум Хайді (зоопарк у м. Лейпциг, Німеччина) та восьминіг Пауль (океанаріум у м. Обергаузен, Німеччина).

Основними конкурентами зоологічних парків виступають заклади масового туризму, що відносять до культурно-розважальної сфери, а саме: професійні театри, концертні організації, музеї, кінотеатри, цирку тощо [10]. Так, в США та Німеччині щорічна відвідуваність зоопарків перевищує відвідуваність музеїв, театрів та спортивних стадіонів. У Канаді відвідуваність зоопарків вдвічі переважає музеї та втричі – публічні бібліотеки. У Франції 24 % населення відвідує зоологічні парки щонайменше раз на рік, що є меншим, ніж показники відвідування кіно, історичних пам'яток та музеїв, однак більшим, ніж спортивних заходів, театрів та концертів класичної музики.

На ринку зоологічних парків України сформувалась штучна ситуація недосконалої конкуренції, яка має риси олігополії: домінують 7 зоопарків загальнодержавного значення як лідери-олігополісти, їх послуги однорідні, не вдосконалюються, продаються за низькими цінами, існує невелика кількість послуг-замінників. Через все це відвідуваність зоопарків щороку зменшується. Така динаміка пояснюється конкуренцією як з боку інших установ, так і з боку телебачення та Інтернету, COVID-19.

Існують значні бар'єри для входу зоопарків на ринок, а саме:

- особливості організації діяльності зоопарку, що передбачає значні капітальні інвестиції в ландшафт та інженерні комунікації, а також експлуатацію дорогого спеціалізованого устаткування для утримання тварин;

- економія, отримана завдяки ефекту «масштабу виробництва»: наявність великих зоопарків є перешкодою для досягнення переваг над конкурентами в зниженні собівартості продукції, що випускається (особливо враховуючи той факт, що майже всі вони реалізують послуги за цінами, набагато нижчими за собівартість);

- сформована система постачання сировини (кормів, палива, вугілля,



тощо), що вимагає від підприємств, що виходять на ринок, додаткових витрат на залучення постачальників;

- досягнуті негласні домовленості між діючими підприємствами щодо визначення сфер їх діяльності, обмежених областями.

Перераховані вхідні бар'єри свідчать про наявні перешкоди для організації нового бізнесу на даному ринку. Водночас, в галузі майже не відбувається концентрація капіталу, адже заклади в основному є збитковими і не приносять доходів.

У процесі аналізу конкурентоспроможності поряд з вхідними слід також врахувати вихідні бар'єри з галузі. Адже при виникненні обставин, що змушують власників підприємства закрити свій бізнес, виникає низка проблем, пов'язаних з майбутньою часткою активів та пасивів, адже даний вид діяльності є досить специфічним і потребує застосування спеціального обладнання, яке не може бути перепрофільоване для інших видів діяльності.

Зоопарки України, які перебувають у власності громад населених пунктів, відчують хронічний дефіцит фінансування, тому спрямовують інвестиційну та інноваційну політики лише на отримання понадпланових фінансових коштів із муніципальних бюджетів.

Система бюджетних дотацій зоологічних парків як комунальних установ у поєднанні з централізацією системи управління і відсутністю конкуренції, а також неможливістю споживачів послуг впливати на їх якість, призводять до: хронічного дефіциту фінансування; високої собівартості виробництва послуг та відсутності економічних стимулів до зниження витрат; критичного зносу об'єктів на території зоопарків (павільйонів, приміщень для утримання тварин взимку, господарських приміщень, а також об'єктів туристично-рекреаційного призначення: дитячих атракціонів, приміщень закладів харчування тощо); відсутності висококваліфікованого персоналу, в першу чергу менеджерів, що породжує неефективне управління; недіючий механізм залучення позабюджетних засобів з метою економії бюджетних коштів та стимулювання рекреаційно-туристичної діяльності. Зоопарки України можуть стати серйозними конкурентом традиційним рекреаційним чинникам: історико-культурному, розважальному та навіть пляжному напрямкам. Тож надати правильний вектор розвитку зоологічним паркам як одним із головних рекреаційно-туристичних об'єктів – це завдання науки, влади, бізнесу і громадян.



Останнім часом в нашій країні існує великий інтерес до створення бренду туристичних місць. Актуальність даного напрямку маркетингових технологій сьогодні обумовлена економічною необхідністю. Більшість вітчизняних підприємств, що пов'язані з туристичною сферою не в повній мірі використовують власний потенціал. Брендінг в Україні, як наука, тільки починає розвиватися. Зарубіжні компанії активно використовують концепцію брендінгу, і створюють стійкі конкурентні переваги для власних торгових марок. У дискурсі глобального реформування Комунального підприємства «Київський зоологічний парк» та переформатування роботи доцільним вважаємо дослідження, що будуть направлені на залучення вітчизняних та зарубіжних туристів та підвищення туристичного потенціалу Київщини вцілому.

Ступінь дослідження теми брендінгу комунальних підприємств, специфіка яких зумовлена, в першу чергу, соціальним внеском та статусом, є досить невеликою. Серед американських вчених, які присвятили свої праці брендінгу та позиціонуванню брендів, слід відзначити Ф. Котлера, М. Портера, та Ж. Ж. Ламбена. Серед вітчизняних дослідників – М. Збуржинська, О. Зозульов, Ю. Нестерова, С. Гарковенко, Я. Вашук, тощо.

Практичне значення отриманих результатів полягає в розробці рекомендацій з підвищення туристичного потенціалу Києва шляхом вдосконалення маркетингової діяльності КП "Київський зоологічний парк", а також у впровадженні заходів для розвитку бренду зоопарку задля запуску його в оновленому форматі в 2020 році.

На сьогоднішній день підприємства на низькому рівні долучаються до процесу побудови довготривалих відносин з клієнтами на основі бренду. У вітчизняній бізнес-практиці, як відзначає М. Збуржинська, українські підприємства не тільки не здійснили перехід до управління активами торгової марки, а й до кінця не усвідомлюють значення нематеріальних активів у діяльності підприємства. Як зазначає С. Пашутін, інколи вся цінність компанії міститься у володінні сильною торгівельною маркою.

За результатами досліджень Б. Карлоф цінність бренду формують шість основних джерел:

1. Досвід використання. Якщо вироби під певною торговою маркою за довгі роки зарекомендували себе з кращого боку, марка здобуває додану цінність як знайома і надійна. Навпаки, торгові марки, які часто не відповідали



очікуванням споживача або вислизнули з його поля зору.

2. Уявлення користувача. Нерідко образ торгової марки пов'язується з типом цільової аудиторії. Престижний чи успішний образ створюється за допомогою спонсорства і реклами.

3. Сила переконання. Іноді впевненість споживача у якості продукту певної торгової марки збільшує ефективність останнього.

4. Зовнішній аспект. Дизайн продукції, яка належить певній торговій марці, безпосередньо впливає на уявлення про якість продукту.

5. Ім'я і репутація виробника. Нерідко відоме ім'я підприємства привласнюється новим продуктом і на нього переносяться позитивні асоціації імені компанії.

6. Емоційні підстави. За допомогою торгових марок покупці демонструють оточуючим свій стиль життя, інтереси, цінності і рівень добробуту.

Авторами було проведено дослідження цінностей бренду за вищенаведеними основними напрямками. Було здійснено анкетування серед 3000 киян, що стосувалося саме цих шести цінностей бренду (60 % опитуваних є молодь віком від 13 до 27 років, 40 % – 28-65 років; така вибірка обумовлена аналізом цільовою аудиторією зоопарку). Що стосується «Досвіду використання бренду» та «Сили переконання» – 31 % опитуваних відвідав зоопарк в цьому році, 30,7 % - у минулому; хотіли б порекомендувати піти до Київського зоопарку своїм друзям 28,8 % респондентів, скоріше порекомендували б, ніж ні – 43 %. Такий елемент бренду, як «Ім'я і репутація» є зоною для розвитку, адже 44 % опитуваних оцінюють роботу Київського зоопарку на 3 бали з 5. Варто зазначити, що 90 % опитуваних не знає, як виглядає логотип зоопарку, а це вже серйозний недолік «Зовнішнього аспекту» бренду. Пункт «Емоційні підстави» у процесі опитування показав серйозні проблеми у комунікації з клієнтами, адже 29,9 % опитуваних на сьогодні мають серйозні претензії до поводження з тваринами у зоопарку, що зробило їхній відпочинок незадовільним та незручним. Ця ситуація повинна виправитися після реконструкції та оновлення умов утримання мешканців зоопарку.

Проект реконструкції «Київського зоологічного парку» був затверджений світовою спільнотою та оцінюється в 830,1 мільйона гривень і складається з 6 етапів. Площа ділянки третьої черги реконструкції складає 3,3520 га. Пусковий комплекс № 1 - охоплює ділянку загальною площею території 0,7200 га. На



ділянці передбачено будівництво об'єктів обслуговування та інженерних споруд: наземний тривірневий відкритий паркінг на 434 м/м для відвідувачів.

Оцінка за видами та кількістю очікуваних викидів при експлуатації паркінгу. Джерело № 1, 2. Вентиляційні отвори паркінгу.

Підземний паркінг облаштовується припливно-витяжною вентиляцією з механічним спонуканням, суміщеною з опаленням, та розрахованою на асиміляцію шкідливостей. Забруднене повітря відводиться через дві вентиляційні шахти на висоту 2 м від покрівлі даху. Джерело викиду № 1 — прямокутний вентиляційний отвір розміром 200×250 мм; джерело викиду № 2 — прямокутний вентиляційний отвір розміром 200×250 мм.

Визначення видів та обсягів забруднюючих речовин здійснюється за Методикою розрахунку викидів забруднюючих речовин пересувними джерелами.

Відповідно до методики обліковуються наступні речовини, що надходять в атмосферне повітря з відпрацьованими газами ДВС: оксид вуглецю, вуглеводні граничні, оксиди азоту, сажа, ангідрид сірчистий.

Маса викиду забруднюючих речовин визначається за формулою:

$$M_j^r = \sum_{i=1}^m g_{jci} G_{\pi} K_{\pi i} 10^{-3}, m$$

де: g_{jci} — усереднений питомий викид j -ї шкідливої речовини з одиниці спожитого i -го палива, кг/т;

G_{π} — витрата i -го палива рухомим складом, т;

$K_{\pi i}$ — коефіцієнт, що враховує вплив технічного стану машин на величину питомих викидів.

Вихідні дані:

Згідно проектних даних підземний паркінг розрахований на 434 машино/місць. Час роботи паркінгу — 365 діб/рік цілодобово.

Для розрахунків приймається, що автомобілі, які будуть розміщуватись на паркінгу, за видами використовуюваного палива розподіляються наступним чином: бензин — 44,7 %, дизельне пальне — 19,7 %, газ — 35,6 % (табл. 1).

Для визначення витрат палива приймаємо середні витрати палива легковими автомобілями згідно Норм витрат палива і мастильних матеріалів на автомобільному транспорті:

бензину — 10 л/100 км, дизельного палива — 8 л/100 км, газу — 12 л/100км.



Таблиця 1.

Кількість автомобілів за видами палива

Вид палива	Кількість автомобілів, од.
Бензин	185
Дизель	99
Газ	150

Для переведення в масове значення об'ємні витрати палива застосовуємо середню щільність рідин:

для бензину – 0,74 кг/л; для дизельного палива – 0,85кг/л, газу — 0,59 кг/л.

Отже, масова витрата палива на 1 км становить:

$0,1 \times 0,74 / 1000 = 0,000074$ т/км – для бензину; $0,08 \times 0,85 / 1000 = 0,000068$ т/км – для дизельного палива; $0,12 \times 0,59 / 1000 = 0,000071$ т/км – для газу.

Середню величина пробігу автомобіля згідно проектних даних з урахуванням в'їзду та виїзду приймаємо 0,2 км.

Величина пробігу при прогріванні становитиме:

$$N = S \cdot t, \text{ км.}$$

де: S – швидкість, км/год;

t – час прогрівання, хв;

$$N = 1 \text{ км/год} \cdot 2 \text{ хв} = 0,033 \text{ км.}$$

Тоді, середня величина пробігу 1 автомобіля з урахуванням в'їзду, виїзду на паркінг та прогрівання становитиме 0,233 км.

Для загальних витрат палива приймаємо максимальну місткість паркінгу, тобто 200 машин на добу. Тоді річна витрата палива становитиме:

$$G_{\text{бензин}} = 0,233 \times 0,000074 \times 134 \times 365 = 0,843 \text{ т,}$$

$$G_{\text{ДП}} = 0,233 \times 0,000068 \times 155 \times 365 = 0,896 \text{ т,}$$

$$G_{\text{СПГ}} = 0,233 \times 0,000071 \times 145 \times 365 = 0,875 \text{ т.}$$

Таблиця 2.

**Значення середніх питомих викидів забруднюючих речовин
автомобілями згідно з методичними вказівками, кг/т палива**

Вид палива	gCO	gCH	gNO _x	gC	gSO ₂
Бензин	196,5	37,0	21,8	-	0,6
Дизельне паливо	36,0	6,2	31,5	3,85	5,0
Стиснений природний газ	87,5	22,4	27,8	-	-



Таблиця 3.

Значення коефіцієнту, що враховує вплив технічного стану автотранспорту на обсяги викидів забруднюючих речовин

Група автомобілів	КТС О	КТС Н	КТ _{NOx}	КТС	КТSO 2
Легкові автомобілі індивідуальних власників, що працюють на бензині	0,5	10,5	00,9	-	1
Легкові автомобілі індивідуальних власників, що працюють на дизельному пальному (*згідно методики значення приймаються для вантажних автомобілів з дизелями)	10,5	10,4	00,95	10,8	1
Легкові автомобілі індивідуальних власників, що працюють на СПГ (*згідно методики значення приймаються для вантажних автомобілів, що працюють на СПГ)	10,7	10,8	00,9	-	-

Таблиця 4.

Результати розрахунків

CH				0,04737	0,00282
Nox				0,0653	0,002053
C				0,0062	0,0001
SO ₂				0,0048	0,00014

Таблиця 5.

Зведена таблиця розрахунку викидів забруднюючих речовин при експлуатації паркінгу

Забруднююча речовина		Потужність викиду,	Потенційний
Код	Найменування	г/с	викид, т/рік
301	Азоту діоксид	0,002053	0,0653
328	Сажа	0,0001	0,0062
330	Ангідрид сірчистий	0,00014	0,0048
337	Вуглецю оксид	0,01201	0,1348
2754	Граничні вуглеводні	0,00282	0,04737

Розрахунок розсіювання забруднюючих речовин в атмосфері при експлуатації паркінгу

Розрахунок концентрацій (розсіювання) забруднюючих речовин в



$$\frac{M}{ГДК} > \Phi$$

приземному шарі атмосфери здійснюється відповідно до рекомендацій, згідно яких розрахунок проводиться по речовинам для яких виконується умова:

при $\Phi = 0,1$ $H \leq 10m$

де:

M — сумарне значення викидів від усіх джерел, г/с;

ГДК — максимальна гранично допустима концентрація, мг/м³;

H — середня висота джерел викидів.

Визначення доцільності проведення розрахунку

розсіювання за умови, що наведено нижче
 $H > 10m$

Таблиця 6.

Код	Забруднююча речовина	ГДК, (або ОБР, мг/м ³)	Значення викидів (M), г/с	Значення величини Φ	Доцільність проведення розрахунку по речовині
301	Азоту діоксид	0,2	0,002053	0,0653	Ні
328	Сажа	0,15	0,0001	0,0062	Ні
330	Ангідрид сірчистий	0,5	0,00014	0,0048	Ні
337	Вуглецю оксид	5,0	0,01201	0,1348	Ні
2754	Граничні вуглеводні	5,0	0,00282	0,04737	Ні

Результати визначення доцільності проведення розрахунку розсіювання показав, що по всіх речовинах величина $\Phi < 0,01$. Тобто вклад в забруднення атмосфери зазначених речовин вкрай малий і визначення концентрацій забруднюючих речовин вважається недоцільним.

Згідно приведених вище розрахунків видно, що будівництво паркінгу не принесе негативного впливу на навколишнє природне середовище для нормального і безпечного функціонування зоопарку.

Будівництво має бути завершене до 31 травня 2021 року, але у зв'язку з пандемією реконструкція призупинилась і сьогодні введено тільки вхідну



групу 1 та «Павільйони примат».

План реконструкції та зонування



Зони:
1. Африканська
саванна
2. Долина Нілу
3. Полісся

Мавп'ячі острови





Вхідна група № 1



Дуже важливою є характеристика структури маркетингового середовища підприємства. Маркетинг як вид діяльності повинен мати в арсеналі конкретні інструменти. Ними є найважливіші елементи маркетингу, так звані "4P": product (продукт, товар), price (ціна), place (місце, збут, розподіл), promotion (просування).

Таким чином, вміння належним чином поєднувати елементи маркетингу є запорукою успіху підприємства у вирішенні маркетингових проблем.

Розглянемо кожен з елементів маркетингу.

1) Товар — на КП «Київський зоологічний парк» товаром, що приносить найбільший прибуток є послуга – квиток на вхід. Це багатовимірний об'єкт, якість якого охарактеризувати складно, адже до цієї категорії потрібно віднести унікальну пропозицію – понад 7000 тварин, дизайн квитка, якість послуг на території парку, утримання тварин та багато інших ознак. Однак, необхідно зазначити, що на сьогоднішній день складова

«Товар» дуже слабо розвинута, адже монополістична державна структура протягом останніх десятиріч не займалася оновленням та докорінними змінами.

2) Ціна (знижки, націнки, терміни виплати) – на КП «Київського зоологічний парк» використовується метод встановлення ціни на основі рівня поточних цін, що орієнтує діяльність підприємств щодо ціноутворення передусім не на власні витрати, а на ситуацію на ринку, на цінову політику конкурентів. Підприємство-лідер, як правило, диктує свої умови, проте варто аналізувати послуги-субститути – театр, кіно, розважальний парк.



3) Місце – у випадку з КП «Київський зоологічний парк» місце, як географічна складова є позитивною рисою підприємства, адже зоопарк знаходиться в центрі міста, але якщо говорити про доступність квитків, то продаж здійснюється лише на території зоопарку, є неналагодженою мережа збуту.

4) Просування товару на ринку - у зоопарку слабо розвинута дана складова, адже це додаткові кошти та додаткові витрати із бюджету, який є обмеженим, керівництво не сприймає маркетинг та просування як інвестицію.

Виходячи з аналізу 4-х складових потрібно зробити висновок, що є достатня кількість факторів, які потребують вдосконалення.

Дослідивши ситуацію, яка склалася на підприємстві – падіння кількості відвідувачів, зниження рівня зацікавленості з боку потенційних клієнтів, збільшення видатків з місцевого бюджету на утримання зоопарку, було вирішено розробити новий фірмовий стиль, який відповідав би справжньому потенціалу компанії. Але цього виявилось замало, адже сьогодні при розробці проектної документації необхідно враховувати вимоги розрахунку розділу «Оцінки впливу на довкілля», а також створення «нового будівельного продукту» з врахуванням факторів принципів GREEN BIM та «зеленої сертифікації» [20-21].

У сучасному розумінні формування проектного рішення за допомогою "Building Information Modeling" ґрунтується на наступних принципах:

- об'єктно-орієнтоване проектування;
- тривимірне моделювання;
- кожен об'єкт містить інформацію про своїх кількісних і якісних характеристиках;
- екологічно раціональне проектування (Green-BIM);
- автоматичне отримання креслень на основі моделі інтелектуальна параметризація об'єктів;

- спільна розробка проекту в єдиному інформаційному полі (в цьому контексті в 2018 році на підтримку BIM і з метою заохочення його більш широкого використання було опубліковано міжнародний стандарт ISO 19650 надає інженерам безпрецедентні можливості щодо підвищення своїх позицій у процесі будівництва) [22]. З метою визначення застосування BIM і його кореляції з конкретними етапами проекту, План доставки інформації необхідний як основа для визначення етапів проекту відповідно до частини 2



ISO 19650. Кожне індивідуальне застосування BIM повинно бути визначене з конкретною метою щодо вартості, часу, якості або ризику, пов'язаних із проектом або іншим вторинним використанням [22]. Кожний спосіб застосування має містити інформацію щодо набору важливих вхідних даних, довідкових документів або наборів даних, таких як етапи проекту, система початкових координат, системи класифікації, технічні рекомендації / стандарти, місцеві вимоги, пов'язані з проектом, тощо.

Слід також визначити ряд інших деталей у такий спосіб:

- вхідні дані проекту – початкова вимога, необхідна для кожного конкретного способу застосування BIM;
- інтеграція процесів – робочий процес і зацікавлені сторони, які мають бути долучені до нього, одночасно з інтеграцією в інші процеси проекту;
- кінцеві результати – кінцеві результати даного процесу;
- очікувана вигода – причина, через яку конкретне BIM використовують у проекті;
- навчання та навички, необхідні для виконання або використання результатів кожного конкретного застосування BIM;
- технологічні кінцеві результати – постачальники програмного забезпечення і типи, файли та формати та інша технічна інформація, що стосується кінцевих результатів і їх використання. Це тісно пов'язане з розділом, що стосується сумісності.

Висновки.

Таким чином, основна ціль Проекту реконструкції - проголошення "найзеленішим зоопарком в Україні" в 2021 році. Зоопарк продовжує лідирувати в напрямку сталого розвитку та зелених ініціатив шляхом озеленення, енергозбереження та скорочення впливу викидів CO₂ на навколишнє середовище. Завдяки екологічному будівництву, поводженню з твердими відходами, відновлювальній енергії, збереженню води, поводженню зливовими водами, енергоефективності та охороні праці, зоопарк посилив свою програму сталого розвитку, щоб мати позитивний вплив на планету.



KAPITEL 14 / CHAPTER 14.
NATURE PRINCIPLES WHEN USING REAGENT-FREE WATER
TREATMENT

ПРИНЦИПЫ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ
БЕЗРЕАГЕНТНОЙ ПОДГОТОВКИ ВОДЫ

DOI: 10.30888/978-3-9821783-0-1.2020-01-01-077

Введение.

В результате повышенного социально-экономического использования природных ресурсов в настоящее время особенно обращают на себя внимание глобальные проблемы по истощению большого количества видов ресурсов и постоянного ухудшения экологического состояния окружающей среды [1, 2].

В 2012 году разработана система эколого-экономического учета водных ресурсов (System of EnvironmentalEconomic Accounting for Water) (СЭЭУВР), подготовлена Статистическим отделом Организации Объединенных Наций (СОООН) в сотрудничестве с Лондонской группой по экологическому учету и, в частности, ее Подгруппой по учету водных ресурсов, координацию работы осуществляла Илария Ди Маттео, модератор Подгруппы по учету водных ресурсов Лондонской группы по экологическому учету при директивном руководстве со стороны Алессандры Альфьери (СОООН) и под общим руководством Иво Хавинги (СОООН) [3].

Система эколого-экономического учета водных ресурсов (СЭЭУВР) обеспечивает концептуальную основу для согласованной и последовательной организации гидрологической и экономической информации. СЭЭУВР представляет собой результат пересмотра и уточнения Руководства по национальным счетам: комплексный экологический и экономический учет, известного под сокращенным названием СЭЭУ-2003, в котором описывается взаимодействие между экономикой и окружающей средой и которое охватывает весь комплекс природных ресурсов и элементов окружающей среды. И в СЭЭУ-2003, и в СЭЭУВР в качестве базовой основы используется Система национальных счетов 2008 года, широко известная как СНС-2008. Она является стандартной системой для составления экономической статистики и расчета экономических показателей, самый важный из которых — валовой внутренний продукт (ВВП). Это еще раз подчеркивает важность предложенной тематики [4].

Основное внимание в учете водопользования уделяется взаимодействию



между различными водными ресурсами и экономикой, где экономика рассматривается как система, которая осуществляет забор воды для ведения деятельности, связанной с производством и потреблением, и которая создает инфраструктуру для сбора, хранения, очистки, распределения воды и ее возврата в окружающую среду.

Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов связаны сегодня с широкомасштабным внедрением безотходных, малоотходных и ресурсосберегающих технологий; с созданием разнообразных способов и средств интенсификации и управления технологическими процессами. Большинство современных технологических процессов, а также непосредственно жизнь человека прямо или косвенно связаны с использованием воды - возобновляемого природного ресурса, который с каждым днем становится более дефицитен. Эффективность использования природных вод в энергетических и технологических установках в строительстве во многом определяется качеством водоподготовки [5].

Мощными потребителями водных ресурсов является предприятия промышленности, жилищно-коммунального и сельского хозяйств, орошаемые системы и др. В 2015 году больше всего использовано водных ресурсов на производственные потребности - 4491 млн. м³, на хозяйственно-бытовые потребности использовано 1226, орошения - 1237 и сельское хозяйство - 92 млн. м³ (рис. 1) [22].

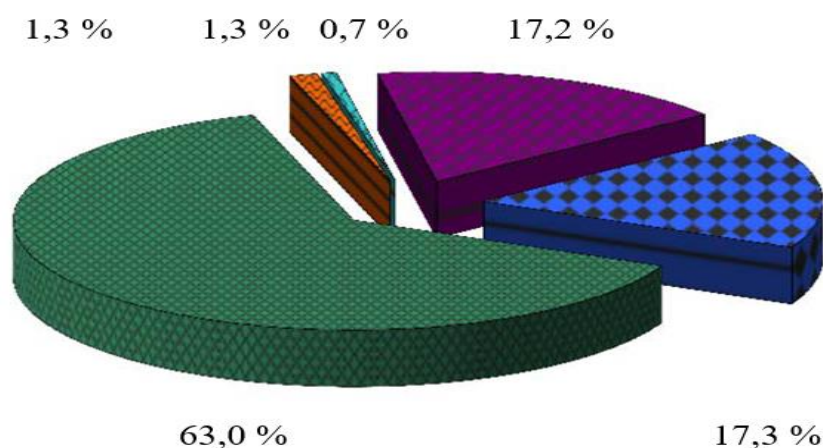


Рис. 1. Структура использования водных ресурсов на различные нужды в 2015 году

Опыт эксплуатации энергетического и технологического оборудования



строительного комплекса показывает, что качество воды имеет большое значение для безаварийной и экономичной его эксплуатации. Порой даже незначительное количество растворенных в воде солей или примесей сильно ухудшает условия эксплуатации технологических установок, а иногда и приводит к серьезным авариям. Наличие в воде растворенных солей жесткости вызывает образование накипи на теплопередающих поверхностях теплоэнергетического оборудования. В результате ухудшения теплопередачи снижается производительность тепловых установок, увеличивается расход топлива. Последнее приводит к значительному увеличению выбросов вредных веществ в атмосферу [6, 7].

Статистические данные свидетельствуют о том, что больше половины аварий на теплоэнергетических установках, в теплоэнергетических объектах (ТЭО) возникает из-за неудовлетворительного поддержания водного режима. Безопасность определяется обобщенной оценкой риска, которая базируется на результатах интегрирования показателей опасных событий, характеризующихся диагностическими показателями (рис. 2). Количественная оценка диагностических показателей безопасности ТЭО, дает возможность прогнозировать аварии, оценивать техническое состояние, уровень безопасности и принимать своевременные меры по снижению риска [8-10].

Представленный круг проблем требует расширения фундаментальных теоретических и экспериментальных исследований как в области физико-химических процессов, происходящих в технологических установках, так и в области обработки воды с целью внедрения новых эколого-экономически целесообразных чистых методов водоподготовки.

Одна из задач, которую необходимо решать, связана с изучением растворимости углекислого газа в природных водах, используемых в технологических и теплоэнергетических установках, так как при определенных условиях углекислый газ вызывает не только коррозию оборудования, но и во многом определяет процессы образования накипи и гидратации цемента, в строительстве [14-16]. Изменяя растворимость углекислого газа, можно управлять процессами образования накипи теплоэнергетических объектов, коррозией трубопроводов, строительных конструкций, гидратации цемента в строительных материалах и конструкциях (рис. 3) [6].

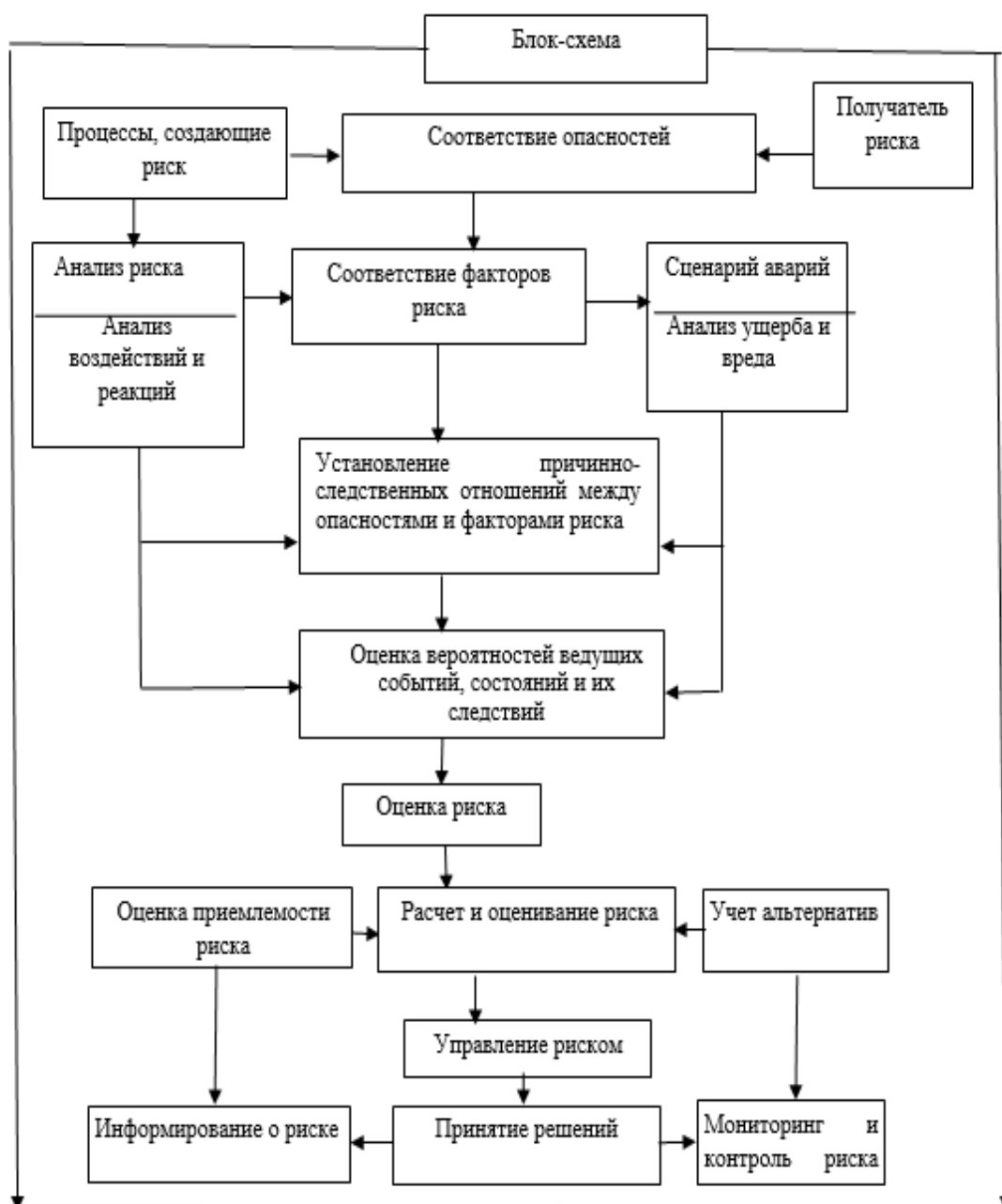


Рис. 2. Блок-схема анализа и оценки риска возникновения аварийных ситуаций на системах ТЭО

Основная часть.

Одним из таких составляющих факторов, влияющим на окружающую среду, при нерациональном использовании энергоресурсов есть потенциально-возможные технологические выбросы, в т. ч., когда с теплотой испарения - система теплоснабжения, в атмосферу поступают вещества антропогенного происхождения. И поэтому возможным, и самым актуальным, на данный момент, является интегральное управление и охрана окружающей среды, в



числе первоочередных задач социально-экономического развития страны. Пути решения этих задач остаются одной из самых приоритетных потребностей населения.

Проблема надежности и энергоэффективности централизованных систем теплоснабжения в Украине является одной из основных в теплоснабжении.

Износ теплообменного оборудования в коммунальном секторе составляет 80-85 %. В 97 % случаев причиной повреждений тепловых сетей - разрушение металла трубопроводов благодаря коррозионным процессам. До 30 % всех повреждений связано с внутренней коррозией локального характера, протекающая под слоем накипными отложений (рис. 2).

Коррозия и отложения причина ухудшения теплообмена, перерасходу топлива теплогенерирующим оборудованием, снижение мощности; повышение гидравлического сопротивления проходных каналов и увеличение расхода электроэнергии на транспортировку теплоносителя понижение надежности работы оборудования, сокращение срока его эксплуатации; ухудшение экологических характеристик.

Проблема накипи оказывают катастрофическое влияние, выводя рабочие системы, элементы, блоки и конструкции из строя, приводят к демонтажу на обогревающих элементах ТЭО, коррозии промышленных, жилых и промышленных зданий (рис. 3).

Жесткость воды (жидкая известь). Чем выше концентрация карбоната кальция в воде, тем выше степень жесткости воды [11, 23, 24, 30].

Типичные вторичные проблемы:

- Снижение давления в результате снижения диаметра труб.
- Большие потери электроэнергии, связанные с замедленным нагревом.
- Разрушение нагревательных элементов и теплообменников.
- Большие расходы на ремонт и обслуживание бытовых приборов и промышленного оборудования.
- Большие расходы на чистку и применение агрессивных моющих средств.
- Снижение производительности в промышленности.
- В некоторых случаях полное разрушение системы водоснабжения.

Накипь разрушает нагревательные элементы (рис. 4).

Наиболее распространенными для борьбы с образованием накипных отложениями в системах теплоснабжения являются методы реагентной и



безреагентной обработки воды.



A



B



C

Рис. 3. А, Б - накипь труб, С - коррозия промышленных зданий

Предпочтительными с позиции охраны окружающей среды являются безреагентные способы водоподготовки, исключаящие сброс использованных химреактивов в водоемы, прежде всего те, которые основаны на применении физических полей. К ним относятся:

- ультразвуковая,
- магнитная,
- электромагнитная обработка.



Рис. 4. Накипь на нагревательных элементах

Как показывают наши исследования [12] по практике использования электромагнитного поля в разных отраслях промышленности, в том числе, жилищно-коммунальном комплексе и строительстве (были успешно использованы при повышении эффективности применения магнитной обработки воды с целью рационального использования природных ресурсов с большим экономическим эффектом: в строительстве - снижение расхода цемента в среднем на 10...12 % без снижения прочности и качества изделий [23, 30]; в теплоэнергетике - снижение расхода топлива на 5...10 % за счет прекращения процесса образования накипи [23, 24]; в сельском хозяйстве - повышение эффективности рассоления почв за счет снижения расхода промывочной воды на 10...15 % [14]) наиболее просты в результате реализации, также они требуют малых эксплуатационных затрат.

Природная вода, обработанная магнитным и электромагнитным полем,



приобретает новые свойства, позволяющие снизить и даже прекратить процесс накипеобразования на поверхностях теплообмена, растворять накипь. Более того, выявлено, что такая вода повышает прочность бетона, уменьшает коррозию металла, повышает урожайность культур и т.д.

Требования к качеству используемой для технологических целей воды зависят от ее назначения. Поэтому в каждом конкретном случае необходимо выбирать степень очистки воды от присутствующих примесей.

В реальных технологических процессах качество воды оценивается не по одному определяющему параметру, а по множеству, например, при использовании воды в теплоэнергетических установках наряду с таким параметром как солесодержание вода должна соответствовать требованиям по количеству растворенных коррозионно-активных газов, органических веществ, жесткости и т.д.

В этом случае предлагаемый нами параметр, по которому будет определяться качество воды. можно представить, как:

$$P_T = \sum_{i=1}^n K_i \cdot P_{Ti} / P_{di} \quad (1)$$

где K_i - коэффициент, учитывающий степень влияния i - того параметра на качество воды;

P_{Ti} - значение i -го текущего параметра;

P_{di} - допустимое значение i -го параметра, при котором сохраняется эффективность протекающего технологического процесса.

При этом основная задача поддержания требуемого качества воды сводится к минимизации значения P_T .

Для борьбы с образованием накипи и коррозией теплосилового оборудования разработано много различных способов водоподготовки, которые сводятся к предварительной деаэрации воды и выделению солей-образователей накипи из питательной воды [15].

Анализ исследований, проведенных отечественными учеными Малкиным Э.С. [21, 22, 30], Журавской Н.Е., Фуртат И.Э., Примаком О.В., Гламаздиным П.М., Тебенихиным Е.Ф., Мартыновой О.И., Очковым В.Ф., Миненко В.И., Духаниным В.С., Михельсоном М.Л., Кукоз Ф.И., Стукаловым П.С., Бондаренко Н.Ф., Гак Е.З., Добржанским В.Г., Заславским Ю.А., Тихомировым Г.И., Минаевым А.Н., Холодовым Ю.А. и рядом других показывает, что область применения магнитных полей с целью повышения эффективности работы и эколого-экономической целесообразности



технологического оборудования очень широка: теплоэнергетика, строительство, медицина, сельское хозяйство и т.д.

При этом удается достичь значительного снижения эксплуатационных затрат, расхода энергоресурсов и т.п. Так, применение магнитной обработки воды на теплогенераторах малой мощности позволяет значительно снизить образование накипи и, тем самым, расход топлива и выбросы вредных веществ в атмосферу с продуктами сгорания.

Несмотря на внедрение магнитной обработки воды с целью предотвращения накипеобразования, повышение качества бетона реальная эффективность этого способа, границы его применения, методы индикации, факторы, обеспечивающие стабильность и оптимальное воздействие магнитного поля на водную систему, изучены явно недостаточно. Отсутствует также теоретическое представление о механизме происходящих с водой в магнитном поле процессов, что необходимо для проектирования магнитных аппаратов с заданной эффективностью и дало бы возможность осуществления постоянного контроля.

Для снижения скорости коррозии используют методы изменения ионного состава воды, окислительно-восстановительного потенциала теплоносителя или пассивация металла.

Несмотря на функционирование водоподготовительных установок на котельных коммунальные предприятия вынуждены регулярно проводить очистку теплообменных поверхностей с применением сложных физических и химических методов и выводом оборудования из эксплуатации [18, 19].

Накипь создает термическое сопротивление, что ведет к снижению теплоотдачи, а это, в свою очередь, приводит к ухудшению комфортных условий.

Необходимо подчеркнуть, что одновременно образования накипи приводит к уменьшению площади движения теплоносителя, что приводит к увеличению гидравлического сопротивления для движения теплоносителя (воды), к перерасходу электроэнергии для работы насосов.

Поскольку теплопроводность накипи в 40 раз ниже теплопроводности металла в системах отопления, отложения толщиной всего 1 мм снижают теплоотдачу.

Доцентом Киевского национального университета строительства и архитектуры, действующий член Академии строительства Украины,



Гламаздиным П.М., кафедры теплотехники, на основании совместных исследований предложена зависимость потерь тепловой энергии от толщины накипи на теплообменных элементах (рис. 5).

Традиционно, уже в течение десятилетий, применяются: промывки и очистки приборов, что является огромными затратами.

Потребление тепловой энергии по годам представлено на графике рис. 6.

Одним из перспективных современных направлений эффективных средств в практической реализации противонакипной магнитной обработки в теплоэнергетики в том числе в подготовке воды для предотвращения и ликвидации образования накипи солей Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} и Fe^{3+} в теплообменных аппаратах, трубопроводах и сантехнических системах.

В большинстве случаев магнитная обработка эффективна при определенном составе солей воды, с определенным кальциевой карбонатной жесткостью (высокая сульфатная жесткость не дает хорошие результаты).

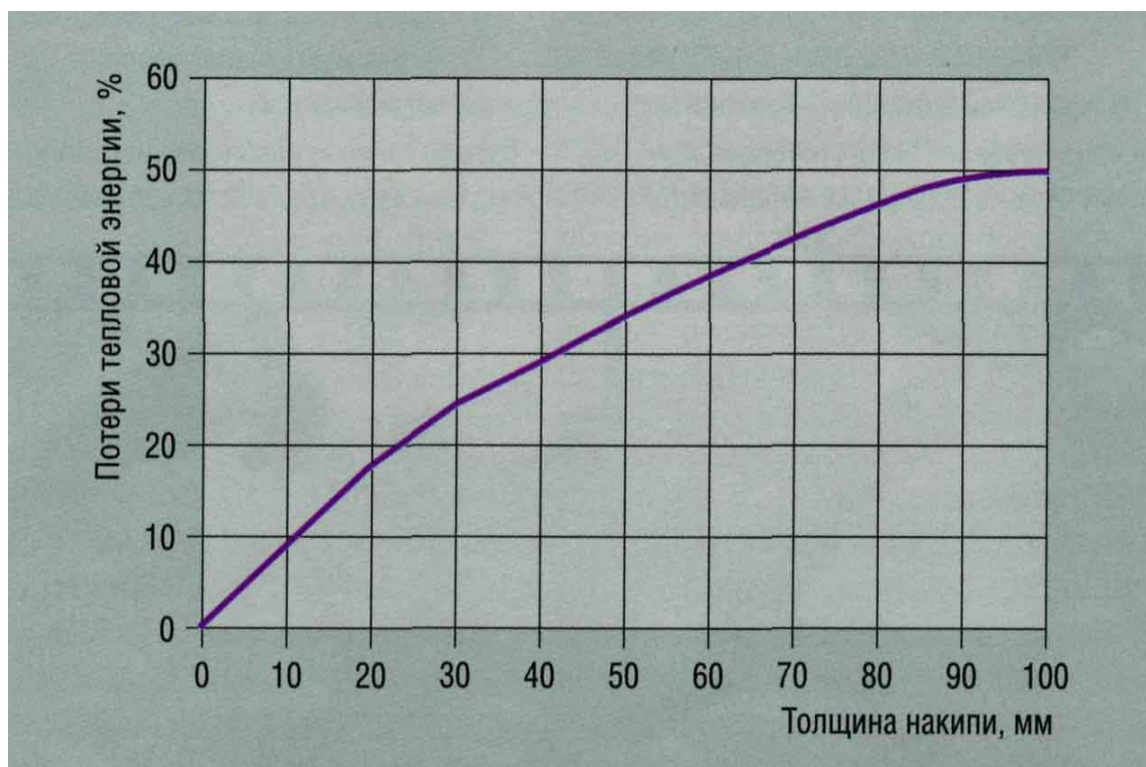


Рис. 5. Зависимость потерь тепловой энергии от толщины накипи на теплообменных элементах

Современная технология электромагнитной стабилизации воды позволяет значительно сократить затраты электроэнергии, повысить эффективность процессов теплопередачи, улучшить экологические показатели оборудования и



сократить его механическую очистку.

Решение проблем накипи и коррозии, с помощью которого нами проводились сравнительные пилотные испытания, является один из приборов компании CWT.

Прибор Vulcan – системы физической обработки воды компании CWT. Компания была основана в 1948 году Хансом Отто Кристьяни, с 1975 года деятельность компании сфокусирована на разработке и производстве систем физической обработки воды (рис. 7).

Трубы из меди и пластика имеют свойство со временем покрываться известковым налетом.

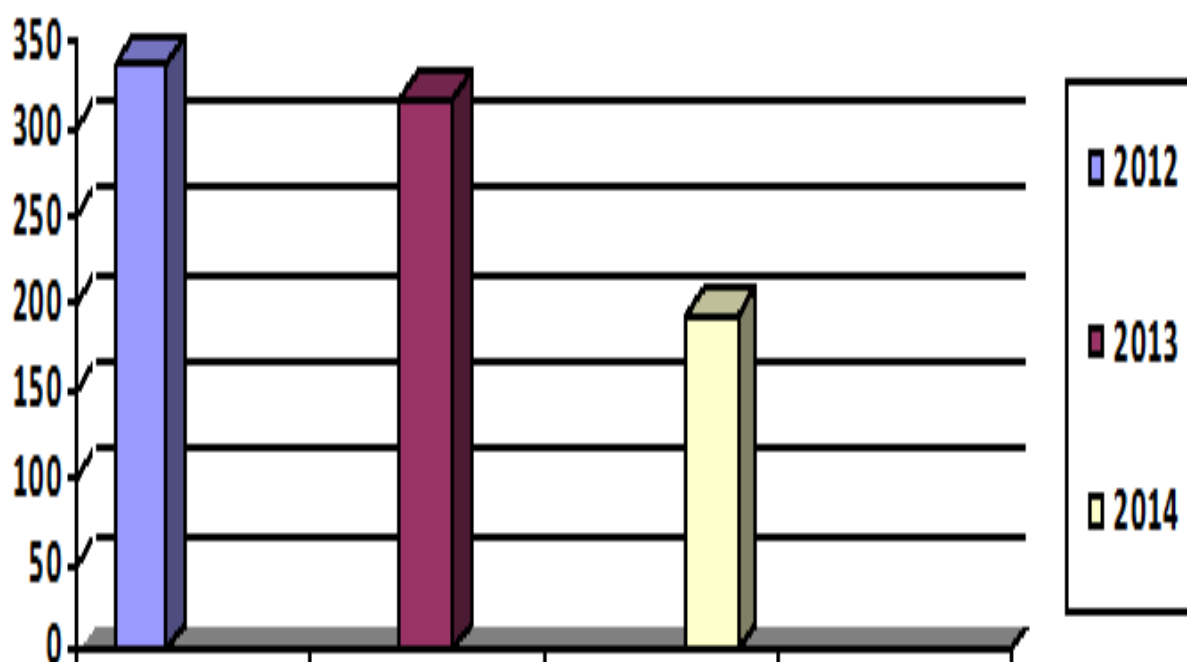


Рис. 6. Потребление тепловой энергии, за года

Чем ровнее поверхность трубы, тем позже начинает образовываться налет. Тем не менее, после формирования первого слоя известковой корки, данный процесс прогрессирует, как и на любой другой поверхности. Известковый налет и ржавчина удаляются медленно и бережно.

Процесс санации длится примерно столько же, сколько образовывался налет. Более быстрое устранение налета привело бы к закупорке трубопровода и повреждению труб.

В таблице 1 приведены разные конфигурации прибора, подбор происходит в зависимости от технических параметров объекта.



В результате сравнительной характеристики (эксперимент с ТЭНом из необработанной воды, и обработанной аппаратом CALMAT, одним из разновидностей электромагнитных приборов фирмы) получили, в т. ч. визуальное, подтверждение преимущества использования безреагентной подготовки воды для борьбы с накипью (рис. 8, рис. 9) [21, 23, 24, 30].

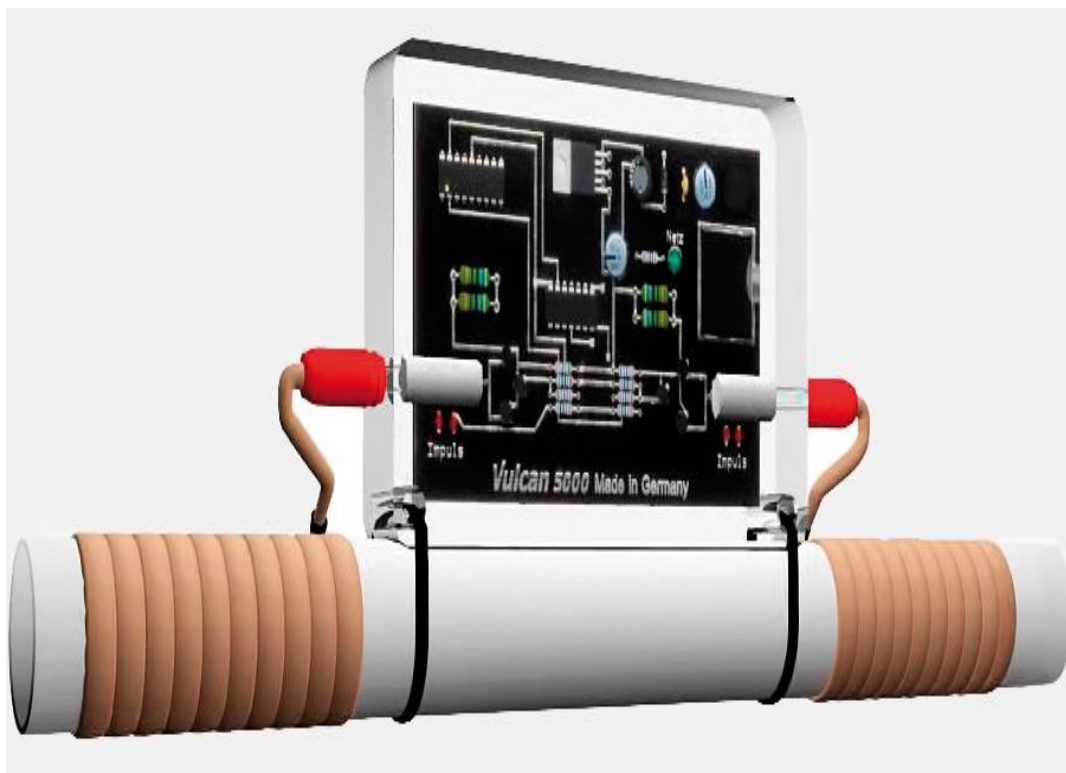


Рис. 7. Прибор Vulcan

Действие аппарата Vulcan при его работе направлено на решение эколого-экономической составляющей, уменьшению коррозии, при уже работающей системе и не допущения ее образования при установке на новую систему; и рост бактерий, при обработке воды аппаратом CALMAT, количество накипи на порядок меньше, чем при использовании необработанной воды (рис. 10) [12].

Устранение известковых отложений = устранение коррозии:

- Как только известковые отложения образовались, частицы железа начинают проникать в них.
- Когда в результате обработки прибором Vulcan устраняется накипь, а вместе с ней и коррозию.
- Процесс рассасывания отложений – это бережный процесс превращения отложений в раствор и вымывание их водой в виде: кальция, магния и железа.



Таблица 1

Технические параметры

	Серия для частного использования		Серия для коммерческого использования			Серия для промышленного использования	
	Vulcan 1000	Vulcan 5000	Vulcan S10	Vulcan S25	Vulcan S100	Vulcan S250	Vulcan S500
							
Пропускная способность	1000 л/ч	5000 л/ч	10 м³/ч	25 м³/ч	100 м³/ч	250 м³/ч	500 м³/ч
Максимальный диаметр трубы	1" (~25 мм)	2" (~50 мм)	3" (~76 мм)	4" (~100 мм)	6" (~150 мм)	10" (~250 мм)	20" (~500 мм)
Напряжение	24 В	24 В	24 В	24 В	24 В	24 В	24 В
Расход энергии	1,75 Вт	2,0 Вт	2,25 Вт	2,25 Вт	2,5 Вт	2,75 Вт	3,25 Вт
Импульсная обмотка (ширина ленты обмотки)	2 x 0,5 м (10 мм)	2 x 1 м (10 мм)	2 x 1 м (20 мм)	4 x 2 м (20 мм)	6 x 4 м (20 мм)	8 x 10 м (20 мм)	10 x 30 м (20 мм)
Размеры мм	60/90/30	85/150/30	120/190/40	125/200/40	150/240/40	200/295/50	220/320/50
Диапазон частот	3-32 кГц	3-32 кГц	3-32 кГц	3-32 кГц	3-32 кГц	3-32 кГц	3-32 кГц
Необходимое пространство	200 мм	350 мм	500 мм	600 мм	1200 мм	2500 мм	5000 мм
Программы	1	1	3	5	10	10	10

Импульсный блок питания							
Вход	87-260 В 50-60 Гц	87-260 В 50-60 Гц	87-260 В 50-60 Гц	87-260 В 50-60 Гц	87-260 В 50-60 Гц	87-260 В 50-60 Гц	87-260 В 50-60 Гц
Выход	24 В 600 мА	24 В 600 мА	24 В 600 мА	24 В 600 мА	24 В 600 мА	24 В 600 мА	24 В 600 мА

- Такая вода абсолютно безопасна для питья – так как все это – природные минералы.

Устранение известковых отложений = устранение бактерий:

- Известковые отложения выступают почвой активного роста для бактерий и других нежелательных субстанций.
- Как только прибор Vulcan установлен и отложения удалены, почва роста для бактерий устраняется. Таким образом, рост численности бактерий снижается или же устраняется полностью.



Рис. 8. Результаты эксперимента. ТЭН из необработанной воды



Рис. 9. Результаты эксперимента. ТЭН из воды, обработанной аппаратом CALMAT, одним из разновидностей приборов фирмы

Меры, предпринятые против деструктивного влияния жесткой воды в прошлом:

- Умягчители воды как самый распространенный метод борьбы:
- Химический способ.
- Требуется врезка в систему трубопровода.
- Требуется большое количество соли.
- Необходимо постоянное обслуживание специалистом.

Меры, предпринятые против деструктивного влияния жесткой воды сегодня:

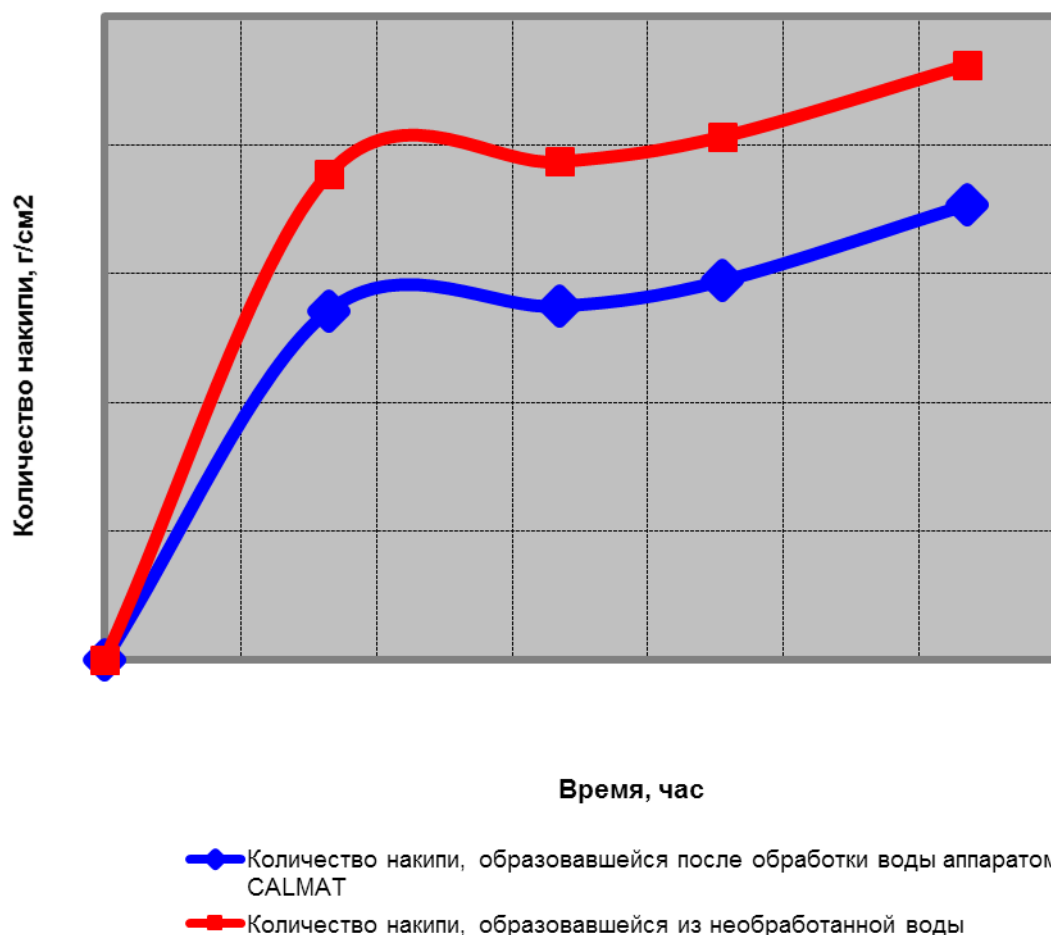


Рис. 10. Результаты эксперимента. Кинетика накипиобразования

- Физическая обработка воды предлагает легкий способ решения проблем, вызванных известковыми отложениями [21, 23].

Эффективное применение электромагнитной подготовки воды [20] является неформализованной задачей, решение таких задач в различных областях жизнедеятельности обладает рядом особенностей, но всех объединяет то, что постановка таких задач не может быть формально определена в числовом виде, а определяется лишь в смысловом представлении.

Поиск решения неформализованной задачи производится путем совокупности знаковых рассуждений, базирующихся на здравом смысле или логическом выводе. Особенности неформализованных задач определяются формой представления знаний и методами поиска решений. Для генерации интегральными системами семантических решений неформализованных задач в области электромагнитной подготовки воды (ЭМПВ) для систем ТЭО необходимо переработать различные декларативные и процедурные знания из различных областей экономики, мониторинга, экологии, математики, химии,



физики, термодинамики, теоретических основ водоподготовки и различных технологических процессов [20].

Экономическая эффективность ЭМПВ для систем ТЭО для промышленного природопользования является составной частью при улучшении свойств при применении нанотехнологий в процессе интегрального природопользования, которая влияет на ее специфику. Специфика определения экономических аспектов является основой потенциально-природного ресурса атмосферы. Такой подход предусматривает установление целей и сосредоточение внимания на современных нанотехнологиях [20, 21, 23, 31].

Окончательным решением по применению научных аспектов и используемых нанотехнологий ЭМПВ систем ТЭО для предложенной научной работы являются платежи, Π_n – сумма эксплуатационных затрат за потенциально-возможные технологические выбросы. С помощью расчетов (Белявский Г.О., 2002) больше 18 тыс. грн. в год. Если сделать сравнение имеем экономический эффект безреагентной подготовки воды, который меньше приблизительно в 4 раза. При использовании принципов для интегрального природопользования необходимо придерживаться научно-прикладных принципов, обеспечивающих эколого-экономический ориентированное развитие [12, 13, 20, 23-29]:

- соблюдение экологического и природно-ресурсного законодательства;
- закономерности формирования инновационных методов экологизации экономики;
- рыночные экономически-ориентированные инструменты по внедрению современных нанотехнологий в практику для предприятий теплоэнергетических объектов.

Выводы.

В работе предложен один из приборов, который в дальнейшем рассматривается при сравнении с другими современными нанотехнологиями по безреагентной подготовке воды, при борьбе с коррозией, накипью и т.д., перспективные эколого-экономические исследования относительно использования омагниченной воды в системах теплоснабжения теплоэнергетических комплексов [28, 29].

Для теплоэнергетических объектов с использованием безреагентной подготовки воды в системах теплоснабжения, которые применимы в разных



отраслях промышленности, в строительном производстве, в жилищно-коммунальном секторе при использовании принципов для интегрального природопользования, необходимо придерживаться научно-прикладных принципов, обеспечивающих эколого-экономический ориентированное развитие. Которые является экономически обоснованными, имеют лучший эффект очистки и экономию по затратам [12, 13, 14-16, 20, 21, 31].

**KAPITEL 15 / CHAPTER 15.****ESTIMATION OF PROSPECTS FOR PRE-COOLING OF NATURAL GAS
IN MAIN GAS PIPELINES BEFORE COMPRESSING WITH HEAT-USING
ABSORPTION COOLING MACHINES****ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ПРИРОДНОГО
ГАЗА В МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДАХ ПЕРЕД СЖАТИЕМ ПРИ ПОМОЩИ
ТЕПЛОИСПОЛЬЗУЮЩИХ АБСОРБЦИОННЫХ ХОЛОДИЛЬНЫХ МАШИН****DOI: 10.30888/978-3-9821783-0-1.2020-01-01-078****Введение.**

Газотранспортная система Украины предназначена для подачи газа как внутренним потребителям, так и для транзита топлива в страны Западной Европы. Для транспортировки природного газа по магистральным трубопроводам на компрессорных станциях (КС) установлены газоперекачивающие агрегаты (ГПА), энергоносителем для которых, в большинстве случаев, является транспортируемый природный газ. На привод ГПА расходуется (сжигается) 0,5...1,5 % от объема транспортируемого газа [1].

Проведенный анализ путей повышения энергетической эффективности ГПА [2] показал, что одним из перспективных направлений может быть предварительное охлаждение компримируемого газа при помощи теплоиспользующих абсорбционных водоаммиачных холодильных машин (АВХМ), которые утилизируют бросовое тепло отходящих продуктов сгорания [3, 4]. Было показано [2], что для текущей экономической ситуации (июль 2019 года) на рынке газа Украины суточное снижение эксплуатационных затрат в типовых магистральных газопроводах при снижении температуры газа перед сжатием в ГПА на 20 К составляет от 1800 до 3360 \$.

Так как транспортировка газа осуществляется круглогодично в различных климатических (температурных) условиях окружающей среды необходимо провести оценку в изменениях энергетической эффективности цикла АВХМ.

Особый интерес представляют также и пониженные температуры объекта охлаждения, которые позволяют повысить полезный эффект предварительного охлаждения природного газа перед сжатием [2].

Основная часть.

В качестве входных параметров примем данные, используемые на кафедре ТТТЭ для расчета магистрального трубопровода.

На рис.1 представлена условная схема магистрального газопровода с



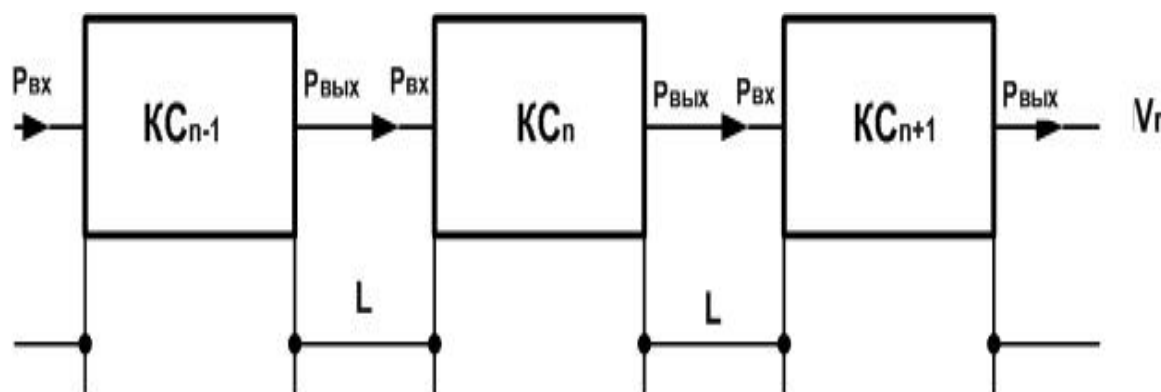
промежуточными компрессорными станциями, которая облегчает понимание.

Диаметр магистрального трубопровода – 1200 мм;

Привод нагнетателя – газотурбинный двигатель типа ДН-70 [19];

Номинальная мощность на валу ГТД – 10 МВт;

Количество параллельно работающих нагнетателей – 3 + 1 (один в резерве);



КС – промежуточные компрессорные станции

Рис. 1. Условная схема магистрального газопровода

Давление газа на выходе из КС после АВО – $P_{наг} = 7,4$ МПа;

Давление газа на входе в КС – $P_{вс} = 6,0$ МПа;

Расстояние между КС – 120 км;

Температура грунта – $T_{gp} = 14$ °С = 287 К;

Расчётная температура окружающего воздуха летом – $T_o = 25$ °С = 298 К;

Коммерческий расход газа при его температуре – $Q_{КС} = 52,07$ млн.м³/сутки;

Расход топливного газа одного ДН-70 при номинальном режиме – 2098 кг/ч;

Нагнетатель (компрессор) природного газа типа Н-300-1,23 с характеристиками, которые приведены на рис. 2.

Плотность природного газа при нормальных условиях (0 °С и 0,1013 МПа) – $\rho_{cm} = 0,719$ кг/м³;

Псевдокритическая температура – $T_{ПК} = 192,7$ К;

Псевдокритическое давление – $P_{ПК} = 4,73$ МПа;

Индивидуальная газовая постоянная – $R = 516,2$ Дж/(кг·К).

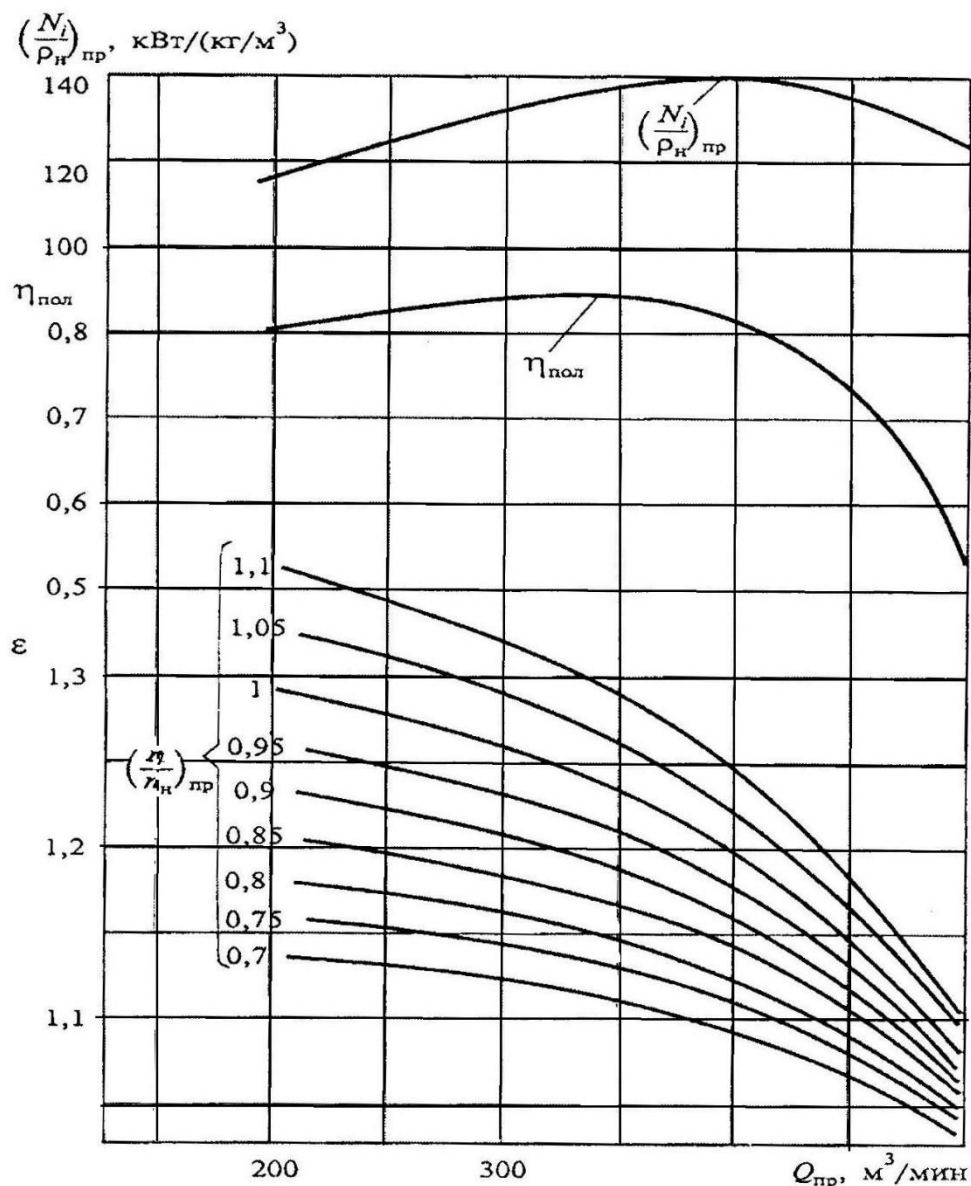


Рис. 2. Приведенные характеристики нагнетателя H-300-1,23
при $T_{np} = 288 \text{ K}$; $Z_{np} = 0,91$; $R_{np} = 490 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{K})$

Справочные характеристики газотурбинного двигателя ДН-70:

Номинальная мощность на валу свободной турбины.....10500 кВт

Степень повышения полного давления воздуха в осевом компрессоре.....19,5

Расход продуктов сгорания на выхлопе.....36,8 кг/с

Расчётная температура газа на срезе выхлопного патрубка в летний период.....550 °С

Расчётная температура газа на срезе выхлопного патрубка в зимний период.... 430°С



Номинальная частота вращения ротора турбины.....3000, 3600, 4800, 6500
об/мин

Давление топливного газа.....3 МПа

Расход топливного газа на номинальном режиме.....2098 кг/ч

Относительное снижение КПД ГТД за межремонтный период.....2 %

Время пуска и нагружения на холостой ход.....3 мин

Время набора полной нагрузки.....25 мин

Ресурс газогенератора до капитального ремонта.....25000 ч

Ресурс модуля силовой турбины до капитального
ремонта.....25000 ч

Полный ресурс ГТД.....100000 ч

Масса блока ГТД.....18500 кг

Схема нагнетателя Н-300-1,23 приведены на рис. 3.

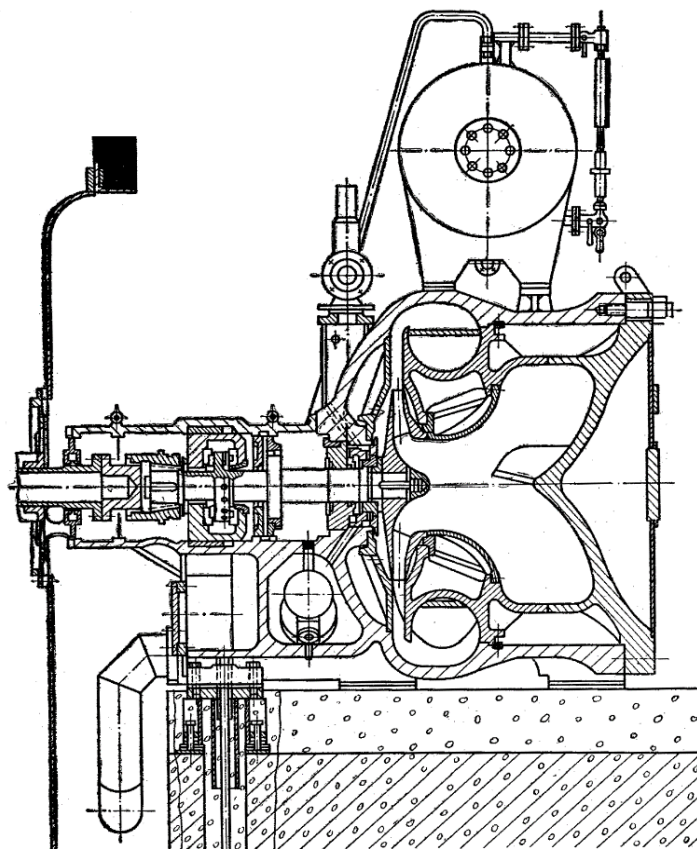


Рис. 3. Схема нагнетателя Н-300-1,23

Расчет проводим для 4-х уровней температур газа на всасывании:
 $T_{вс} = 275; 285; 292,5; 300 \text{ K}$.

Полагаем, что давления всасывания и нагнетания остаются неизменными во всем диапазоне расчетных температур всасывания, т.е.:



$$P_{\text{пр}} = \frac{6,0}{4,73} = 1,268$$

и степень сжатия газа:

$$\varepsilon = \frac{7,4}{6,0} = 1,23.$$

Результаты расчетов сводим в таблицу 1.

Для нагнетателя Н-300-1,23 номинальный расход $Q_H = 19,0$ млн. м³/сут, тогда число нагнетателей:

$$m_H = \frac{Q_{KC}}{Q_H} = \frac{52,07}{19,0} = 2,7 \approx 3 \text{ шт.}$$

Объемный расход газа на всасывании также во всех случаях одинаков:

$$Q_{\text{вс}} = 181 \text{ м}^3/\text{мин.}$$

Номинальная частота вращения ротора нагнетателя:

$$n_H = 6150 \text{ об/мин.}$$

Результаты расчетов приведены и в виде графических зависимостей на рис.4 и рис. 5.

Из справочных характеристик газотурбинного двигателя ДН-70 следует, что в номинальном режиме на 1 кВт мощности на валу турбины приходится 0,2 кг/ч топливного газа.

Не имея сведений о расходе топливного газа в отличных от номинального режима условиях, примем его постоянным.

Тогда зависимость расхода топливного газа от температуры всасывания качественно будет иметь вид аналогичный рис. 2.3,

т.е. при $T_{\text{вс}} = 275; 285; 292,5;$

300 К расход топливного газа будет соответственно составлять: 747; 757; 836; 940 кг/ч.

Будем считать уровень температур на всасывании 285 К (12 °С) реально достижимым при помощи АВХМ с достаточно высоким температурным напором между потоками газа и рассола.

Примем за базовый режим:

$$T_{\text{вс}} = 292,5 \text{ К (19,5 °С)},$$

при которой нагнетатель работает продолжительное время в году.



Таблица 1

Результаты расчет рабочих параметров нагнетателя газа

Наименование параметра/ характеристики	Температура на всасывание $T_{вс}$, К			
	275	285	292,5	300
Приведенная температура, $T_{пр}$	1,427	1,479	1,518	1,557
Коэффициент сжимаемости, $Z_{вс}$	0,862	0,881	0,893	0,903
Комплекс τ	0,222	0,256	0,295	0,316
Плотность газа на всасывании $\rho_{вс}$, кг/м ³	52,60	49,70	47,77	46,05
Приведенный объемный расход газа на всасывании $Q_{пр}$, м ³ /мин	215	210	200	190
К.п.д. нагнетателя, $\eta_{пол}$ (по рис.2)	0,81	0,81	0,80	0,78
Комплекс $\left[\frac{N_i}{\rho_H} \right]_{пр}$, кВт/(кг/м ³)	119	119	118	116
Фактическая частота вращения ротора нагнетателя n_H , 1/мин	5177	5301	5566	5859
Внутренняя мощность, потребляемая нагнетателем N_i , кВт	3733	3787	4179	4698
Температура конца сжатия $T_{кз}$, К	291	302	310,5	319

□

Использование искусственного охлаждения потока газа перед всасыванием даст экономию расхода топливного газа:

$$836 - 757 = 79 \text{ кг/ч.}$$

В стандартных условиях при:

$\rho_{см} = 0,719 \text{ кг/м}^3$ объемный расход сэкономленного топливного газа составит:

$$79 / 0,719 = 109,875 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

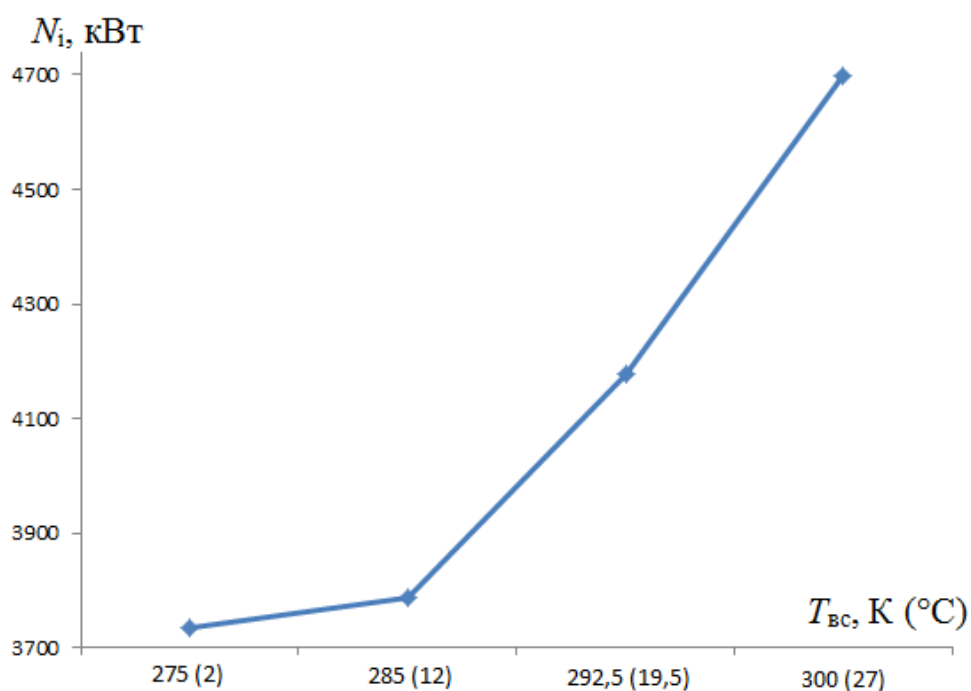


Рис. 4. Зависимость индикаторной мощности нагнетателя от численного значения температуры природного газа на всасывании

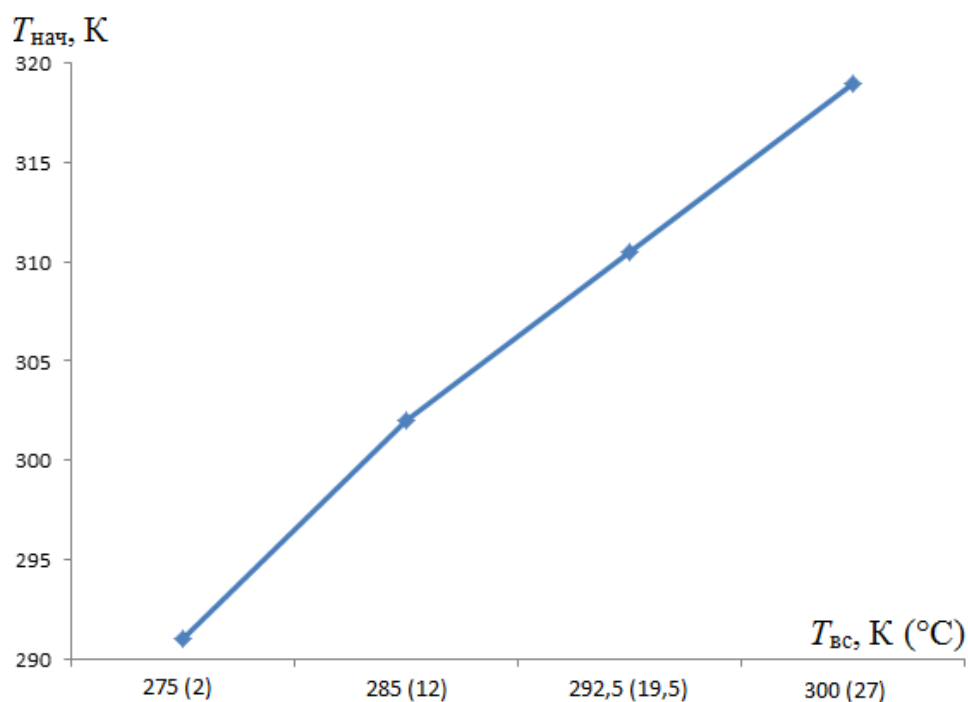


Рис. 5. Зависимость индикаторной мощности нагнетателя от численного значения температуры природного газа на всасывании

В стандартных условиях при:



$$\rho_{cm} = 0,719 \text{ кг/м}^3$$

объемный расход сэкономленного топливного газа составит:

$$79 / 0,719 = 109,875 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Расчет тепловых потоков бромистолитиевой абсорбционной холодильной машины (рис. 6) без учета основных необратимых потерь термодинамических процессов [5].

Исходные данные

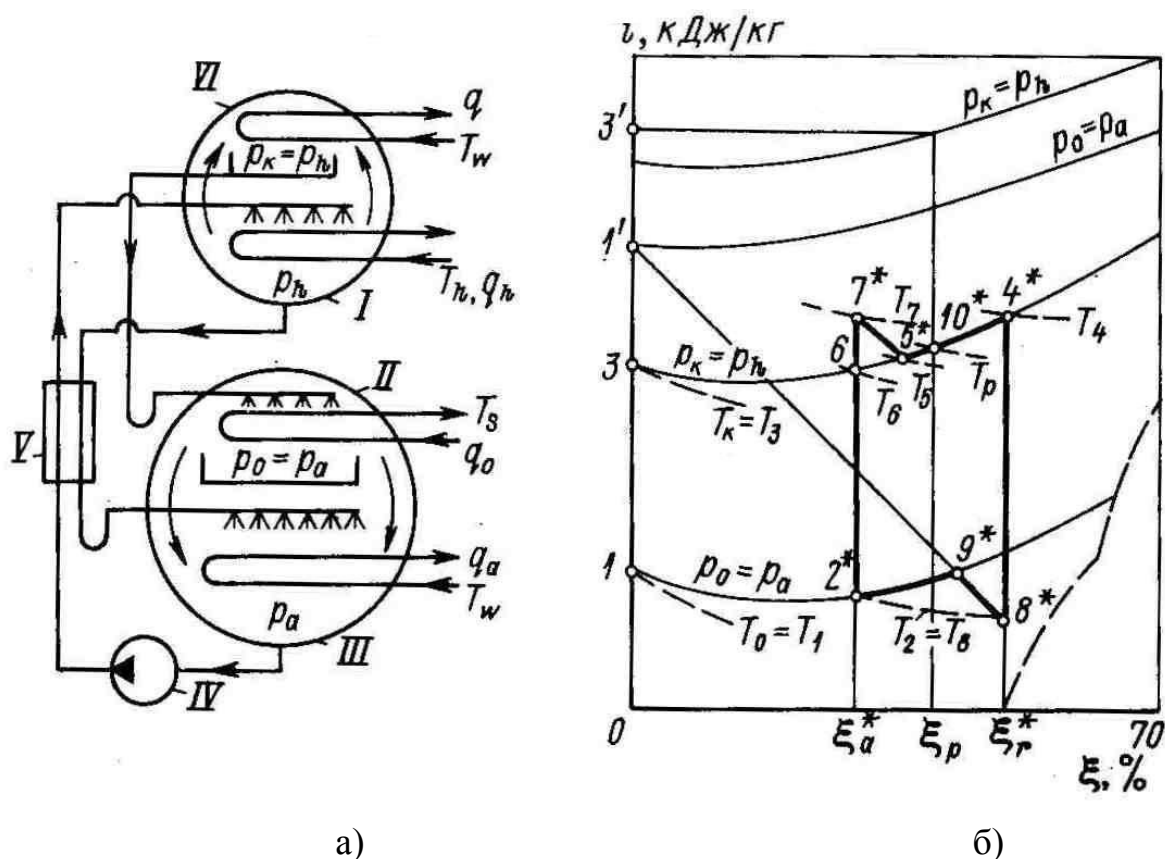
Температура воды, К:

греющей T_h 373

охлаждающей T_w 299

охлажденной T_s 280

Принятые значения температур и давлений следующие. Высшая температура в конце процесса кипения раствора в генераторе $T_4 = T_h - \Delta T_h$.



а – схема машины; б – процессы в ξ – i диаграмме;

I – генератор; II – испаритель; III – абсорбер; IV – насос слабого раствора; V – теплообменник; VI – конденсатор

Рис. 6. Абсорбционная бромистолитиевая холодильная машина



Разность температур $\Delta T_h = 10 \div 20$ К, в зависимости от типа генератора, тогда $T_4 = 273 - 15 = 258$ К. Температура конденсации при условии параллельной подачи воды в абсорбер и конденсатор $T_k = T_w + \Delta T_w$.

Разность температур $\Delta T_w = 8 \div 10$ К, тогда $T_k = 299 + 8 = 307$ К.

Давление конденсации пара в конденсаторе определяют по диаграмме концентрация – энтальпия ($\xi-i$) для водного раствора бромистого лития [17] в области жидкости при $\xi = 0$ и $T_k = 307$ К: $p_k = 5,45$ кПа.

При отсутствии гидравлических сопротивлений прохождению пара из генератора в конденсатор, давление кипения раствора в генераторе принимается равным давлению в конденсаторе, т.е. $p_h = p_k = 5,45$ кПа.

Низшая температура раствора в конце процесса абсорбции пара в абсорбере

$$T_2 = T_w + \Delta T_a.$$

Разность температур ΔT_a принимается в пределах 8-15 К.

Тогда $T_2 = 299 + 8 = 307$ К.

Температура кипения воды в испарителе $T_0 = T_s - \Delta T_s$.

Разность температур ΔT_s принимается в пределах 2...5 К.

Тогда $T_0 = 280 - 3 = 277$ К.

Давление кипения в испарителе определяют по таблицам теплофизических свойств воды и водяного пара или по $\xi-i$ диаграмме (при $\xi = 0$ и $T_0 = 277$ К) [17]: $p_0 = 0,83$ кПа.

При отсутствии гидравлических сопротивлений прохождению пара из испарителя в абсорбер, давление в абсорбере принимается равным давлению в испарителе, т.е. $p_a = p_0 = 0,83$ кПа.

Температура крепкого раствора на выходе из теплообменника при отсутствии в нем недорекуперации теплоты $T_8 = T_2 = 307$ К.

Параметры узловых точек циклов, изображенных на рис. 2.5 а приведены в табл. 2.

Кратность циркуляции раствора



$$f^* = \xi_r^* / (\xi_r^* - \xi_a^*) = 64 / (64 - 57,3) = 9,552 \text{ кг/кг.}$$

Теплота теплообменника

$$q_m^* = (f^* - 1)(i_{4*} - i_{8*}) = (9,552 - 1)(353,8 - 262,9) = 777,38 \text{ кДж/кг.}$$

Энтальпия слабого раствора после теплообменника

$$i_{7*} = i_{2*} + q_m^* / f^* = 251,22 + 777,38 / 9,552 = 332,6 \text{ кДж/кг.}$$

Таблица 2

Параметры узловых точек

Состояние вещества	T , К	p , кПа	ξ , %	i , кДж/кг
<i>Жидкость</i>				
Вода после конденсатора	$T_k = T_3 = 307$	$p_k = 5,45$	$\xi = 0$	$i_s = 561,1$
Раствор:				
крепкий после генератора	$T_4 = 358$	$p_h = 5,45$	$\xi_r^* = 64$	$i_{4*} = 353,8$
слабый после абсорбера	$T_2 = 307$	$p_a = 0,83$	$\xi_a^* = 57,3$	$i_{2*} = 251,22$
крепкий после теплообменника	$T_8 = 307$	$p_h = 5,45$	$\xi_r^* = 64$	$i_{8*} = 262,9$
Вода в испарителе	$T_0 = T_1 = 277$	$p_0 = 0,83$	$\xi = 0$	$i_1 = 435,5$
<i>Пар</i>	$T_1 = T_0 = 277$	$p_0 = 0,83$	$\xi = 0$	$i_1' = 2914,2$
После испарителя				

По значению $i_{7*} = 332,6$ кДж/кг при $\xi_a^* = 57,3$ % по ξ – i диаграмме определяют положение точки 7* и температуру слабого раствора на выходе из теплообменника $T_7 = 349$ К.

В связи с тем, что слабый раствор на входе в генератор перегрет, в генераторе осуществляется сначала адиабатно-изобарный процесс десорбции ($7^* - 5^*$), в результате чего концентрация раствора увеличивается, а температура его снижается до равновесной T_5 . Температура T_5 выше равновесной T_6 при известных ξ_a^* , p_h : $T_5 = 345$ К, $T_6 = 343,5$ К.

Средняя температура раствора, кипящего в генераторе, $T_p = (T_4 + T_5) / 2 = (358 + 345) / 2 = 351,5$ К.



Концентрация раствора, соответствующая температуре T_p (точка 10*),
 $\xi_p = 60,8\%$.

Энтальпия перегретого пара на выходе из генератора определяется по $\xi-i$
диаграмме при известных p_h и ξ_p : $i_{3'} = 3064$ кДж/кг.

Теплота генератора

$$q_h = i_{3'} + (f^* - 1)i_{4*} - f^*i_{7*} = 3064 + (9,552 - 1)353,8 - 9,552 \cdot 332,6 = 2912,7 \text{ кДж/кг.}$$

Дж/кг.

Теплота испарителя

$$q_0 = i_{1'} + i_3 = 2914,2 - 561,1 = 2353,1 \text{ кДж/кг.}$$

Теплота конденсатора $q = i_{3'} - i_3 = 3064 - 561,1 = 2502,9$ кДж/кг.

Теплота абсорбера

$$q_a = i_{1'} + (f^* - 1)i_{8*} - f^*i_{2*} = 2914,2 + (9,552 - 1)262,9 - 9,552 \cdot 251,22 = 2762,9$$

кДж/кг.

Абсорбция состоит из двух процессов: адиабатно-изобарного ($8^* - 9^*$) и
 изобарного ($9^* - 2^*$).

Теплота подведенная

$$\sum q_{\text{подв}} = q_h + q_0 = 2912,7 + 2353,1 = 5265,8 \text{ кДж/кг.}$$

Теплота отведенная

$$\sum q_{\text{отв}} = q + q_a = 2502,9 + 2762,9 = 5265,8 \text{ кДж/кг.}$$

Тепловой баланс $\sum q_{\text{подв}} = \sum q_{\text{отв}} = 5265,8$ кДж/кг.

Тепловой коэффициент $\xi^* = q_0 / q_h = 2353,1 / 2912,7 = 0,808$.

Расчет АВХМ [5].

Исходные данные

Давление греющего насыщенного водяного пара p_h , МПа.....0,792

Температура, К:

охлаждающей воды T_{w1} 298

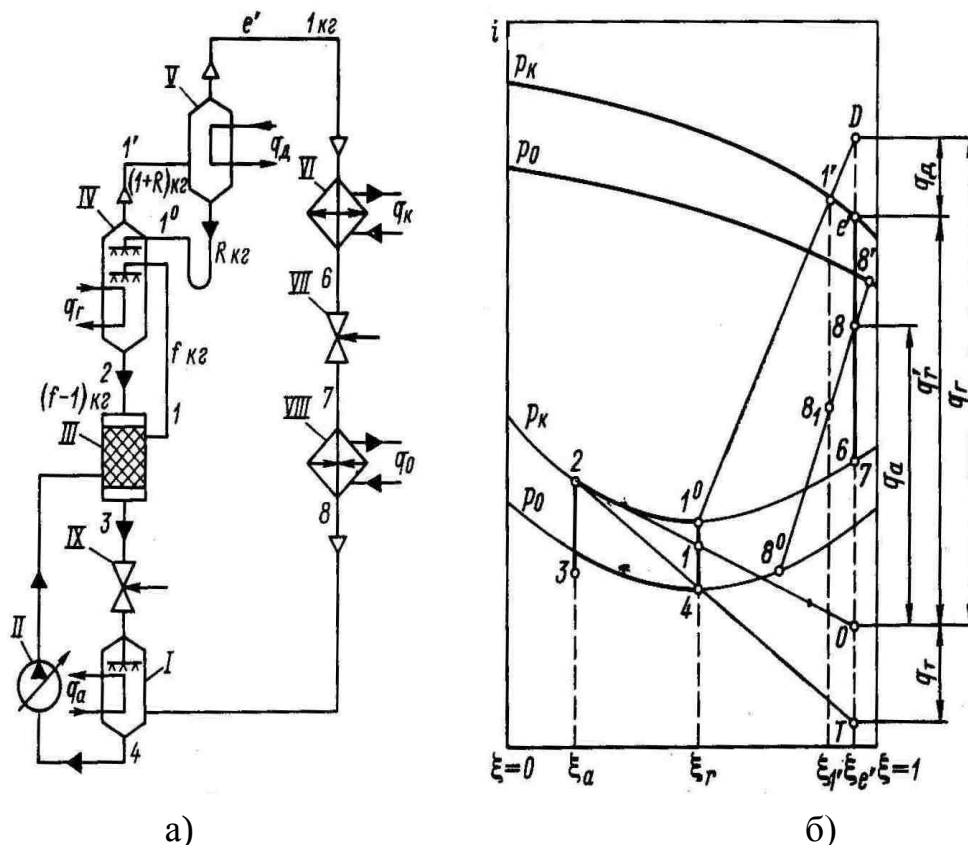
охлаждаемого рассола T_{s2} 258

греющего пара T_h при $p_h = 0,792$ МПа.....443



Рассмотрим цикл и тепловые потоки абсорбционной водоаммиачной холодильной машины с теплообменником растворов, ректификатором и дефлегматором, охлаждаемый водой (рис. 7).

Параметры узловых точек цикла приведены в таблице 3.



а – схема машины; б – процессы в ξ - i диаграмме;

I – абсорбер; II – насос крепкого раствора; III – теплообменник растворов;

IV – генератор с ректификатором; V – дефлегматор; VI – конденсатор;

VII – дроссельный вентиль хладагента; VIII – испаритель;

IX – дроссельный вентиль раствора

Рис. 7. Абсорбционная водоаммиачная холодильная машина с теплообменником, ректификатором и водяным дефлегматором

После ректификации пара в ректификационной колонне и дефлегматоре температура пара на выходе из дефлегматора принимается равной $T_{e'} = T_k + \Delta T = 303,3 + 9,7 = 313\text{K}$.



Таблица 3

Параметры узловых точек

Состояние вещества	T , К	P , МПа	ξ , кг/кг	i , кДж/кг
<i>Жидкость</i>				
После генератора	$T_2 = 433$	$p_k = 1,17684$	$\xi_a = 0,0904$	$i_2 = 614,23$
абсорбера	$T_4 = 303,3$	$p_0 = 0,176526$	$\xi_r = 0,3676$	$i_4 = -111,46$
конденсатора	$T_6 = 303,3$	$p_k = 1,17684$	$\xi_e = 0,9959$	$i_6 = 141,87$
В начале кипения (крепкий раствор)	$T_{1^0} = 367,3$	$p_k = 1,17684$	$\xi_r = 0,3676$	$i_{1^0} = 181,49$
После теплообменника (слабый раствор)	$T_2 = 308,3$	$p_k = 1,17684$	$\xi_a = 0,0904$	$i_2 = 73,33$
<i>Пар</i>				
После генератора	$T_1 = 367,3$	$p_k = 1,17684$	$\xi_{1'} = 0,9478$	$i_{1'} = 1529,16$
дефлегматора	$T_e = 313$	$p_k = 1,17684$	$\xi_e = 0,9959$	$i_e = 1323,59$
Насыщенный при высшей температуре кипения в испарителе	$T_8 = 255$	$p_0 = 0,176526$	$\xi_n = 1$	$i_n = 1245,42$

Тогда концентрация пара:

$$\xi_{e'} = 0,9959 \text{ кг/кг.}$$

Последнюю определяют по таблицам термодинамических параметров равновесных фаз водоаммиачного раствора [18].

В связи с более высокой концентрацией раствора, поступающего в испаритель, давление кипения в испарителе принимается равным $p_0 = p_0' - \Delta p_0 = 0,190314 - 0,013888 = 0,176526$ МПа.

Высшая температура кипения раствора в испарителе принимается равной $T_8 = T_0 + \Delta T = 253 + 2 = 255$ К.

Кратность циркуляции раствора

$$f = (\xi_{e'} - \xi_a) / (\xi_r - \xi_a) = (0,9959 - 0,0904) / (0,3676 - 0,0904) = 3,267 \text{ кг/кг.}$$



Масса флегмы, образующейся в дефлегматоре,

$$R = (\xi_{e'} - \xi_{1'}) / (\xi_{1'} - \xi_r) = (0,9959 - 0,9478) / (0,9478 - 0,3676) = 0,0829 \text{ кг/кг.}$$

Теплота дефлегматора

$$q_d = (1 + R)i_{1'} - i_{e'} - Ri_{1o} = (1 + 0,0829)1529,16 - 1323,59 - 0,0829 \cdot 191,49 = 316,47$$

кДж/кг.

Теплота теплообменника

$$q_m = (f - 1)(i_2 - i_3) = (3,267 - 1)(614,23 - 73,33) = 1226,22 \text{ кДж/кг.}$$

Состояние крепкого раствора после теплообменника:

$$i_1 = i_4 + (q_m / f) = -111,46 + (1226,22 / 3,267) = 263,88 \text{ кДж/кг.}$$

По графику $T = \varphi(i)$ при $\xi_r = 0.3676 \text{ кг/кг}$ и $p_k = 1,17684 \text{ МПа}$ находят температуру крепкого раствора после теплообменника $T_1 = 371,6 \text{ К}$.

Теплота генератора:

$$q_g = i_{e'} - i_2 + f(i_2 - i_1) + q_d =$$

$$= 1323,59 - 614,23 + 3,267(614,23 - 263,88) + 316,47 = 2170,42$$

кДж/кг.

Теплота конденсатора $q_k = i_{e'} - i_6 = 1323,59 - 141,87 = 1181,72 \text{ кДж/кг.}$

Теплота испарителя $q_0 = i_8 - i_6 = 1177,65 - 141,87 = 1035,78 \text{ кДж/кг,}$

$$i_8 = i_k - [(i_k - i_s) / (\xi_k - \xi_s)] \cdot (\xi_k - \xi_{e'}) =$$

$$= 1245,42 - [(1245,42 + 159,59) / (1 - 0,915)](1 - 0,9959) = 1177,65$$

кДж/кг.

Теплота абсорбера

$$q_a = i_8 - i_3 + f(i_3 - i_4) = 1177,65 - 73,33 + 3,267(73,33 + 111,46) = 1708,03 \text{ кДж/кг.}$$

Тепловой баланс:

теплота подведенная

$$\sum q_{подв} = q_g + q_0 = 2170,42 + 1035,78 = 3206,2 \text{ кДж/кг;}$$

теплота отведенная

$$\sum q_{отв} = q_k + q_a + q_d = 1181,72 + 1708,03 + 316,47 = 3206,22 \text{ кДж/кг.}$$

Тепловой коэффициент:

$$\xi = q_0 / q_g = 1035,78 / 2170,42 = 0,477.$$

Проводим расчет теплообменника-охладителя (ТОО) газа перед сжатием.

Оценим располагаемую тепловую нагрузку на генератор АВХМ со



стороны потока выхлопных газов газотурбинного двигателя ДН-70.

$$Q_{\Gamma} = G_{\Gamma} C_{p\Gamma} (t' - t''), \quad (3.2)$$

где G_{Γ} – расход продуктов сгорания, равный 36,8 кг/с;

$C_{p\Gamma}$ – массовая теплоемкость продуктов сгорания, равная 1,15 кДж/кг [21];

t' , t'' – температуры продуктов сгорания,

на входе ($t' = 550$ °С) и выходе, соответственно.

Примем температуру

$$t'' = 400 \text{ °С},$$

что соответствует КПД процесса теплообмена между потоком продуктов сгорания и стенкой генератора 40 %.

Тогда:

$$Q_{\Gamma} = 36,8 \cdot 1,15 \cdot (550 - 400) = 6348 \text{ кВт}.$$

Выбираем под располагаемую тепловую нагрузку АВХМ европейского производства PED;

- с холодопроизводительностью 2850 кВт,
- тепловой нагрузкой генератора 5100 кВт,
- температурой испарения 0 °С.

При заданном объемном расходе газа 181 м³/мин (массовый расход 144 кг/с) и выбранной АВХМ имеет место возможность охладить входящий поток газа на 16 °С, т.е. от 300 К (27 °С) до 284 (11 °С). Перепад температур на «холодном» конце ТОО составит:

$$\Delta t = 11 \text{ °С}.$$

Примем аналогичный перепад и на «горячем» конце ТОО, т.е. рассол будет нагреваться до 289 К (26 °С).

Массовый расход рассола АВХМ составит 84 кг/с.

Выбираем элемент конструкции ТОО с коаксиальным расположением ребер со стороны газового потока (рис. 8).

Труба внутренняя имеет диаметр 200 мм, наружная труба 600 мм.

Высота ребра 200 мм. При эффективности алюминиевого ребра

$$E = 0,85$$

толщина его составляет 10 мм.

Число ребер – 22 шт. Шаг ребра 20 мм.

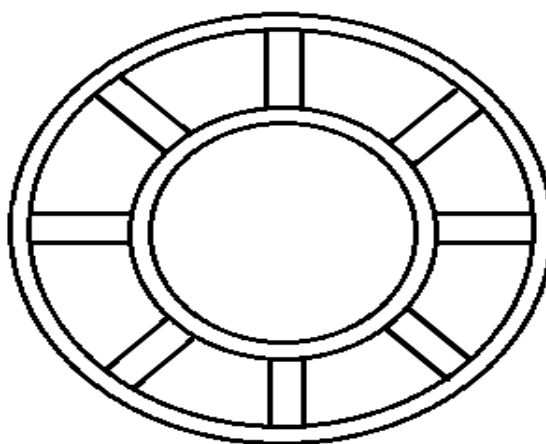


Рис. 8. Схема элемента ТОО.

Тогда площадь ребер на 1 м ТОО:

$$F_p = 1 \cdot (0,2 \cdot 2 + 0,01) \cdot 22 = 9,02 \text{ м}^2.$$

Площадь межреберного пространства ТОО:

$$F_c = 0,01 \cdot 1 \cdot 21 = 0,21 \text{ м}^2.$$

Суммарная площадь поверхности теплообмена со стороны газа:

$$F_{pc} = F_p + F_c = 9,02 + 0,21 = 9,43$$

Оценим коэффициент теплообмена газа:

$$\alpha_p = \alpha_c = 400 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}),$$

тогда приведенный коэффициент теплообмена:

$$\alpha_{np} = \alpha_p E \frac{F_p}{F_{pc}} + \alpha_c \frac{F_c}{F_{pc}} \quad (3.3)$$

$$\alpha_{np} = 400 \cdot 0,85 \frac{9,02}{9,43} + 400 \frac{0,21}{9,43} = 335 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Проводим расчет тепловой нагрузки 1 м по уравнению теплопередачи для ребристой поверхности:

$$Q = \frac{\Delta t}{\frac{1}{\lambda_1 F_1} + \frac{\delta}{\lambda F_1} + \frac{1}{\lambda_{np} F_{pc}}}, \quad (3.5)$$

где λ_1 – коэффициент теплообмена со стороны рассола, принимаем равным $5000 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$;

$$\delta = 4 \text{ мм}; \lambda = 200 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К});$$



$$F_1 = \pi \cdot 0,20 \cdot 1 = 6,28 \text{ м}^2.$$

Тогда:

$$Q = \frac{9}{\frac{1}{5000 \cdot 6,28} + \frac{0,004}{200 \cdot 6,28} + \frac{1}{335 \cdot 9,43}} = 27,2 \text{ кВт}.$$

Длина ТОО составит:

$$l_{\text{ТОО}} = \frac{2850}{27,2} \approx 105 \text{ м}.$$

Выводы.

1. В соответствии с разработанным алгоритмом был выполнен расчет нагнетателя:

- Н-300-1,23,
- для различных температур (275, 285, 292,5 и 300 К) природного газа перед компремированием.

Показано, что:

а) начиная с 300...285 К имеет место линейное падение индикаторной мощности сжатия, а в диапазоне 275...285 К падение замедляется и переходит к асимптотическому;

б) в исследуемом диапазоне температур газа перед компремированием (275...300 К) имеет место линейное повышение температур после сжатия, соответственно, от 290...320 К;

в) использование искусственного охлаждения потока газа перед всасыванием даст экономию расхода топливного газа:

$$836 - 757 = 79 \text{ кг/ч}.$$

2. Выполнен термодинамический расчет циклов АБХМ и АВХМ. Показано, что несмотря на более высокий тепловой коэффициент у АБХМ (0,808), следует выбрать АВХМ с тепловым коэффициентом 0,477, так как только АВХМ может обеспечить приемлемый уровень температур охлаждения (258 К) природного газа перед компремированием, в отличие от АБХМ с температурой охлаждения 280 К. Выбрана АВХМ европейского производства PED с холодопроизводительностью 2850 кВт, тепловой нагрузкой генератора 5100 кВт, температурой испарения 0 °С.

3. Выполнен конструкторский (тепловой) расчет теплообменника-



охладителя природного газа перед сжатием в нагнетателе. Проведен расчет для конструкции ТОО с коаксиальным расположением ребер со стороны газового потока. Материал ребер – алюминий. Расчетная длина трубы ТОО составила порядка 105 м.



Verweise / References

Chapter 1.

1. Brodie, G. Microwave and Radio-Frequency Technologies in Agriculture. An Introduction for Agriculturalists and Engineers / G. Brodie, M. V. Jacob, P. Farrell; edited by M. Golachowska. Warsaw/Berlin: Published by De Gruyter, 2015. – 396 p.
2. Jayasanka, S. M. D. H. The significance of microwaves in the environment and its effect on plants [Text] / S. M. D. H. Jayasanka, T. Asaeda // Environmental Reviews. – 2014. – V. 22, № 3. – P. 220–228.
3. Li1, Y. Intermittent microwave drying of wheat[Text] / Y. Li1, T. Zhang1, C. W. Chunqing // Zhang Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences. – 2014. – V. 2, № 1. – P. 32–36.
4. Puligundla, P. Potentials of Microwave Heating Technology for Select Food Processing Applications – a Brief Overview and Update [Text] / P. Puligundla, S. A. Abdullah, W. Choi, S. Jun, S. E. Oh, S. Ko // Food Process Technolgy. – 2013. – V. 4, №11. – P. 2–9.
5. Hoogenboom, R. MicrowaveAssisted Chemistry: a Closer Look at Heating Efficiency [Text] / R. Hoogenboom, T. Wilms, T. Erdmenger, U.S.Schubert // Heating Efficiency in Microwave–Assisted Chemistry. – 2009. – V. 62. – P. 236–243.
6. Kalinin L.G. Physical model of response of the plant tissue to a microwave electromagnetic field [Text] / L.G. Kalinin, I.L. Boshkova // Biophysics. – 2003. – V. 48, № 1. – P. 111–113.
7. Московский, М. Н. Структурный анализ поверхности соломы, обработанной СВЧ излучением [Текст] / М.Н. Московский, Р.А. Фридрих, А.А. Гуляев // Вестник ДГТУ. – 2010. □ Т. 10, №5. – С. 648–654.
8. Jakubowski, T. Evaluation of the impact of pre-sowing microwave stimulation of bean seeds on the germination process [Text] / T. Jakubowski// Agricultural Engineering.– 2015. – V. 2, №154. – P. 45–56.
9. Radzevičius, A. The effect of strong microwave electric field radiation on: vegetable seed germination and seedling growth rate Audriusradzevičius [Text] / A. Radzevičius, S. Sakalauskienė, M. Dagys, R. Simniškis, R. Karklelienė, Č. Bobinas, P. Duchovskis // Zemdirbyste-Agriculture. – 2013. – V. 100, №2. – P. 179–184.
10. Morozov, G. A. Microwave Technology for Treatment Seed [Text] / G.A. Morozov, V. I. Blokhin, N. E. Stakhova // World Journal of Agricultural Research. – 2013. – V. 1, №3. □ P. 39–43.
11. Raga, L. Effects of low-power microwave fields on seed germination and growth rate [Text] / L. Raga, M. Seema, V. Ramachandran, S.B. Manmohan // Journal of Electromagnetic Analysis and Applications. – 2011.– V. 3. □ P. 165–171.
12. Jakubowski, T. The impact of microwave radiation at different frequencies on weight of seed potato germs and crop of potato tubers [Text] / T. Jakubowski // Agricultural Engineering. – 2010. – V. 6, №124. – P. 57–64.
13. Raga, L. Effects of Low-Power Microwave Fields on Seed Germination and Growth Rate [Text] / L. Raga, S. Mishra, V. Ramachandran, M. S. Bhatia // Journal of Electromagnetic Analysis and Applications.– 2011. – V. 3. – P. 165–171.



14. Friesen, A. P. Effect of microwave radiation on dry bean seed infected with *Colletotrichum lindemuthianum* with and without the use of chemical seed treatment [Text] / A. P. Friesen, R. L. Conner, D. E. Robinson, W. R. Barton, C. L. Gillard // Canadian Journal of Plant Science. – 2010. – V. 94. – P. 1373–1384.
15. Morozov, G. A. Microwave Technology for Treatment Seed [Text] / G. A. Morozov, V. I. Blokhin, N. E. Stakhova, O. G. Morozov, N. V. Dorogov, A. S. Bizyakin // World Journal of Agricultural Research. – 2013. – V. 1, №3. – P. 39–43.
16. Sharma, K. K. Seed treatments for sustainable agriculture-A review [Text] / K. K. Sharma, U. S. Singh, P. Sharma, A. Kumar, L. Sharma // Journal of Applied and Natural Science. – 2015. – V. 7, №1. – P. 521–539.
17. Rattanadecho, P. Microwave-Assisted Drying [Text] / P. Rattanadecho, N. Makul // A Review of the State-of-the-Art. – 2016. – V. 34, № 1. – P. 1–38.
18. Mohammadi, B. Investigation of microwave application in agricultural production drying [Text] / B. Mohammadi, S. Busaleyki, R. Modarres, E. Yarionsorudi, M. Fojlaley, S. Andik // International Journal of Technical Research and Applications. – 2014. – V. 2, №1. – P. 69–72.
19. Dadali, G. Microwave heat treatment of spinach: drying kinetics and effective moisture diffusivity [Text] / G. Dadali, E. Demirhan, B. Özbek, O. Belma // Dry Technology. – 2007. – V. 25. – P. 1703–1712.
20. Kalender'yan, V. A. Kinetics of microwave drying of a free-flowing organic material [Text] / V. A. Kalender'yan, I. L. Boshkova, N. V. Volgusheva // Journal of Engineering Physics and Thermophysics. – 2006. – V. 79, №3. – P. 547–552.
21. Календерьян, В. А. Влияние режимных параметров на распределение температур в движущемся плотном слое дисперсного материала при микроволново-конвективной сушке [Текст] / В. А. Календерьян, И. Л. Бошкова, Н. В. Волгушева // Промышленная теплотехника. – 2010. – Т. 32, №1. – С. 37–44.
22. Feng, H. Microwave Drying of Food and Agricultural Materials: Basics and Heat and Mass Transfer Modeling [Text] / H. Feng, Y. Y. J. Tang // Food Engineering Reviews. – 2012. – V. 4, № 2. P. 89–106.

Chapter 2.

Статті в журналах

1. Гетун Г. В., Запривода В. І. Енергоефективність будівель в Україні. Вісник будівельника. – 2018. 4: с.43-47.
2. Гетун Г. В., Лесько І. М. Врахування вартості життєвого циклу при проектуванні суміщених покриттів будівель. Енергозбереження в будівництві та архітектурі. – 2018. 11, с. 95-102.
3. Гетун Г. В., Лесько І. М. Вибір оптимальних конструктивних рішень суміщених покриттів будівель з урахуванням їх життєвого циклу. Н. т. збірник «Містобудування та територіальне планування», в. 66, 2018. – с. 100-104.
4. Микони С. В. Выбор наилучших вариантов из баз данных. Сборник докладов конф. по мягким вычислениям и измерениям. SCM99. – СПб.: СПбЭТУ, 1999. – с. 3–14.
5. Многокритериальный выбор при решении слабоструктуризированных проблем // сб. ст. / Отв. ред. С. В. Емельянов – М.: ВНИСИ, 1978 – 109 с.



6. Тимофеев М. В., Прищенко А. М. Забезпечення міцності і жорсткості підрізок в монолітних стінах з енергозберігаючими конструкціями вузлів / М. В. Тимофеев, А. М. Прищенко // Енергоефективність в будівництві та архітектурі. – 2015, 7: 296-301.

7. Гетун Г. В., Буценко Ю.П., Баліна О.І., Безклубенко І.С., Соломін А.В. Дифузійні процеси з накопичувальними характеристиками. Опір матеріалів і теорія споруд.- 2019. 102, с.243-251.

Книги

8. Брукинг А., Джонс П., Кокс Ф. и др. под ред. Форсайта Р. Экспертные системы. Принципы работы и примеры: Пер. с англ. - М.: Радио и связь, 1987. – 224 с.: ил.

9. Волошин О. Ф., Мащенко С. О. Моделі та методи прийняття рішень: Навчальний посібник / К.: Вид.-поліграфічний центр «Київський університет», 2010. – 336 с.

10. Гетун Г.В. Архітектура будівель та споруд. Книга 1. Основи проектування: Підручник для вищих навчальних закладів. – Видання друге, перероблене та доповнене / Гетун Г. В. – К.: Кондор-Видавництво. 2012. – 380 с.: іл.

11. Гетун Г. В., Румянцев Б. М., Жуков А. Д. Системи ізоляції будівельних конструкцій: Навчальний посібник / Дніпро: 2016. Видавництво «Журфонд» – 676 с.: іл.

12. Куліков П. М., Плоский В. О., Гетун Г. В. Архітектура будівель та споруд. Книга 5. Промислові будівлі: Підручник для вищих навчальних закладів. / Кам'янець-Подільський: Видавництво «Рута». 2020 р. – 820 с.: іл.

13. Плоский В. О., Гетун Г. В. Архітектура будівель та споруд. Книга 2. Житлові будинки: Підручник для вищих навчальних закладів. – Видання третє, перероблене і доповнене / – Кам'янець-Подільський: Видавництво «Рута». 2017 р. – 736 с.: іл.

14. Плоский В. О., Гетун Г. В., Мартинов В. Л., Сергейчук О. В., Віроцький В. Д., Запривода В. І., Кріпак В. Д., Лавріненко Л. І., Малишев О. М. Архітектура будівель та споруд. Книга 4. Технічна експлуатація та реконструкція будівель: Підручник для вищих навчальних закладів. / Кам'янець-Подільський: Видавництво «Рута». 2018 р. – 750 с.: іл.

15. Плоский В. О., Гетун Г. В., Тимофеев М. В., Запривода В. І. Енергоефективний багатоквартирний житловий будинок: Навчальний посібник / Київ: КНУБА, 2018, 192 с.

Chapter 3.

1. Гелетуша Г.Г. Аналіз основних положень дорожньої карти ЄС з енергетики до 2050 року / Г.Г. Гелетуша, Т.А. Железка, А.І. Дроздова // Промислова теплотехніка, 2012, №5 (т.34), с.64-69.

2. Національний план скорочення викидів від великих опалювальних установок (Кінцевий Проект), [Електронний ресурс], 2015, Режим доступу: <http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/doccatalog/document?id=244996332>. Дата доступу: 23.01.2016



3. Внуков А.К. Надежность и экономичность котлов для газа и мазута / А.К. Внуков: Энергия, 1966, 368 с.
4. Найденов Г.Ф. Повышение эффективности использования газа и мазута в энергетических установках, Найденов Г.Ф., М: Энергоиздат, 1982, 240с.
5. Палов В.А. Условия оптимизации процессов сжигания жидкого топлива и газа в энергетических и промышленных установках / В.А. Павлов, И.Н. Штейнер, Л.: Энергоатомиздат, 1984, 120 с.
6. Кривоногов Б.М.: Повышение эффективности сжигания газа и охрана окружающей среды / Б.М.Кривоногов, Л.: Недра, 1986, 280 с.
7. Найденов Г.Ф. Горелочные устройства и защита атмосферы от азота / Г.Ф. Найденов, К: Техника, 1979, 96с.
8. Приймак О.В. Методи та апарати зниження викидів азоту в енергоустановках / О.В.Приймак, О.І.Сигнал, Київ: Наукова думка, 1989, 44с
9. Шматов Е.П. Исследования влияния рециркуляции продуктов сгорания природного газа в топку котла и его теплотехнические характеристики / Е.П. Шматов // Совершенствование сжигания газа и мазута в топках котлов и снижение вредностей в продуктах сгорания, 1976, Межвузовский сборник трудов №1, Л.:ЛИСИ, 1976, с.40 - 43.
10. Шматов Е.П. Исследования условий образования оксидов азота в топке чугунного секционного котла при рециркуляции продуктов сгорания природного газа / Е.П. Шматов, Б.М. Кривоногов, А.В. Шелин, А.А. Розенберг // Совершенствование сжигания газа и мазута в топках котлов и снижение вредностей в продуктах сгорания, 1983, Межвузовский сборник трудов №7, Л.: ЛИСИ, 1983, с.33-37.
11. Тепловой расчет котельных агрегатов. Нормативный метод. Кузнецов Н.В., Митор В.В., Дубовский И.Е., Карасина Э.С. (ред). 1973.
12. Котлы малой и средней мощности. НИИ-ЭНКФОРМЭНЕРГОМАШ. – М, 1987. – 208 с.
13. Жуков Е. Теплообменники конденсационных котлов // Аква-Терм, науковий журнал, 2013, № 2, с.10-13.
14. Седлов А.С. Получение конденсата из уходящих дымовых газов на экспериментальной установке ОАО ГРЭС-24 / А.С. Седлов, А.П. Солодов, Д.Ю.Бухонов // Энергосбережение и водоподготовка , 2006, №5, с.76-77.
15. Исследование водогрейного котла ПТВМ-50 с мембранной конвективной и ширмовой поверхностями / М.М. Джанелидзе, И.Д. Лисейкин, М.Е. Кипшидзе, С.С. Бейдин // Теплоэнергетика. 1981, №7, с.62-65.
16. Гламаздин П.М., Гламаздин Д.П., Філіпов О.С. Энергоефективна модернізація водогрійних водотрубних котлів // Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання – випуск №16, - К.: КНУБА, 2012. – с.59-65
17. Стандарт Европейского союза EN 676: 2003 Automatic forced draught burners for gaseous fuels [Электронный ресурс], 2015, Режим доступа: http://ec.europa.eu/growth/single-market/european-standards/harmonised-standards/appliances-burning-gaseous-fuels/index_en.htm.
18. Olion energy ACE Газовые, жидкотопливные и комбинированные горелки, // [Электронный ресурс], <https://oi> Режим доступа



lon.com/wpcontent/uploads/2020/04/Oilon_Duoblock_Burners_for_Liquid_and_Gaseous_Fuels.pdf (Дата звернення 05.06.2020).

19. Янкелевич В.И. Наладка газо-мазутных промышленных котельных / В.И. Янкевич // М.: Энергоатомиздат, 1988, 26 с.

20. Fender M. Sinon K. Dorner H./ Elektronische Ventilator-regulungen auf dem Prufstand // Heizung, Luftung, Haustechnik 1990, Вп.41, №3, s/ 246-248

21. Кемельман Д.Н., Эскин Н.Б. Наладка котельных установок; Справочник. – 2е изд, - М.: Энергоатомиздат. 1989. – 320 с.

22. Хаджинов А.С., Хаджинов Е.А. Энергоефективность сжигания топлива в энергетических котлах металлургических комбинатов / « Институт энергосбережения и энергоменеджмента», г. Мариуполь, / Энергосбережение №4 / 2009 / с. 28-31

23. Богун В.А. Рациональное распределение тепловой нагрузки между котлоагрегатами отопительных котельных / Запорожский Гипроэлектро / Днепр, 1988, с.8

24. Se@vis Compact burner control system and visuslization //[Электронный ресурс]/ Режим доступа: <https://www2.saacke.com/ru/primery-primenenija/gorelochnye-ustroistva-dlja-dozhiga-ukhodjashchikh-gazov-posle-gtu/>

25. Volkel M., Hammer F., “CO-Regelung mit Miniatur-Sensor eroffnet neue Persoektiven in der Verbrennungstechnik”, Fachbeitrag, Gaswarne International (54) Nr. 3/2005 S, 174-177, Vulkan-Verlag.Essen. Marz 2005

26. С.М. Борзов, В.В. Гаркуша, В.И. Козик, В.П. Михеев, О.И. Потатуркин, И.Н. Шушков «Селективная диагностика процессов горения в моногорелочных энергоблоках», Теплофизика и аэродинамика, 2006, том 13, №2 с. 323-329

27. П.М. Гламаздин, Д.П. Гламаздин, Ю.П. Ярмольчик / Экологические аспекты модернизации водогрейных котлов большой мощности / КНУБА, БНТУ, 2016 г / с.249 – 257

28. П.М.Гламаздин, Гламаздин Д.П. Потенциал снижения расхода природного газа в котельних централизованных систем теплоснабжения / Єнергосбережение №1(159), 2013

29. Щукин К., Реконструкция котла ПТВМ-100 с заменой горелок // Аква-Терм, 2009, № 6, с. 20

30. Гламаздин П.М. Досвід модернізації водогрійних котлів ПТВМ-30 / П.М. Гламаздин, Д.П. Гламаздин // Житлово-комунальне господарство України, 2012, № 9 (52), с. 59-61.

31. Гламаздин П.М.. / Результаты модернізації водогрійних котлів ПТВМ-30 / Д.П. Гламаздин, П.М. Гламаздин // Житлово-комунальне господарство України, науковий журнал, 2013, № 8 (61), с.18-21.

32. Жигурс А. Опыт АО «Ригас-Силтунс» в реконструкции водогрейных котлов КВГМ-50 и КВГМ-100 / А.Жигурс, А.Царс, С.Плескачев // Новости теплоснабжения, 2009 №4, с.34-39

33. Барабаш В.В. Опыт реконструкции и модернизации водогрейных котлов / В.В. Барабаш // Новости теплоснабжения, 2004, №9, С.35-37

34. П.М. Гламаздин, Гламаздин Д.П, Шварценбергер Р, Перспективні конструкції водогрійних котлів великої великої потужності для систем



централізованого теплопостачання. / Энергоефективність в будівництві та архітектурі / 2019 / Випуск 12 , с.85-94

35. Ахмедов Р.Б. Основы регулирования топочных процессов, М., «Энергия», 1977, 280 с.

36. Сигал И.Я. Защита воздушного бассейна при сжигании топлива, - 2е, Л., : Недра, 1988 – 312с

37. Зельдович Я.Б. Теория горения и детонация газов / Я.Б. Зельдович, М.: из-во АН СССР, 1944, 312 с.

38. Исследование водогрейного котла ПТВМ-50 с мембранной конвективной и ширмовой поверхностями / М.М. Джанелидзе, И.Д. Лисейкин, М.Е. Кипшидзе, С.С. Бейдин // Теплоэнергетика. 1981, №7, с.62-65.

39. Варичев О.В. Оснащение водогрейных котлов двухсветными экранами // Электрические станции. 1977, №7, с.79-10

40. Гламаздин Д.П. Влияние температурного поля в топке котла на его экологические характеристики / Д.П. Гламаздин, П.М. Гламаздин // Вентиляция, освещение, теплогазоснабжение, 2011, Випуск 15 , с.78-81

41. Арсеньев А.В. Горелки длиннопламенные и с регулируемой длинной факела для природного газа / А.В. Арсеньев, В.М. Маслов, А.А. Винтовкин, Г.М. Дружинин // Серия: Использование газа в народном хозяйстве, М.: ВНММ Эгазпром, 1973, с.40.

42. Veishaupt. Новые решения. Модернизация водотрубных котлов // [Электронный ресурс] . - Режим доступа: <https://www.weishaupt.ru/> .

43. SAASKE «Подбор горелок для котлов серии ДКВР производства ОАО БиКз // [Электронный ресурс] / www.bikz.ru

44. И.Я. Сигал, Е.М. Лавренцов, О.И.Косинов / Газовые водогрейные промышленно- отопительные котлы / «Техика» / Киев, 1967г

45. Аква-терм // [Электронный ресурс] / Режим доступа: https://aqua-therm.ru/articles/articles_3.html

46. Pyronics / Infra-Red burners / BULLETIN 3207 / [Электронный ресурс] / <http://www.selas.com/wp-content/uploads/2016/07/Red-Ray-gas-fired-infrared-burner-information.pdf>

47. Росляков П.В, Контролируемый химических недожог – эффективный метод снижения выбросов оксидов азота / П.В. Росляков, И.Л. Ионков, Л.Е. Егорова // [Электронный ресурс], 2015, <http://www.combienergy.ru/nts15html>.

48. Hubner C. Emissions of Oil and Gas Appliances and Requirements in European Standards / C. Hubner C., R.Boos //Vienna: Austrian Energy Report. 1988. P. 56-59.

Chapter 4.

1. Закон України "Про енергозбереження" (Відомості Верховної Ради (ВВР), 1994, N 30, ст.283) {Вводится в дію Постановою ВР N 75/94-ВР від 01.07.94, ВВР, 1994, N 30, ст.284}

2. Системи управління якістю Основні положення та словник: (ISO 9000: 2000, IDT) ДСТУ ISO 9000:2001. [Чинний від 2001-10-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2001. – 40 с. – (Національний стандарт України).



3. Системи управління якістю Основні положення та словник: (ISO 14001: 2004, IDT) ДСТУ ISO 14001:2006. [Чинний від 2006-05-15]. – К.: Держспоживстандарт України, 2006. – 4023. – (Національний стандарт України).

4. Regulation (EC) No 1221/2009 of the European Parliament and of the Council of 25 November 2009 on the voluntary participation by organisations in a Community eco-management and audit scheme (EMAS), repealing Regulation (EC) No 761/2001 and Commission Decisions 2001/681/EC and 2006/193/EC

5. ISO/FDIS 50001:2011(E) Energy management systems — Requirements with guidance for use Date: ISO TC 242 Secretariat: ANSI 2011-01-12

6. Енергетичний менеджмент. Суттєві фактори, цілі, ієрархія, об'єкт діяльності. Праховник А. В., Іншеков Є. М. Енергетика та енергоресурсозбереження. Вісник КДПУ 2004 – вип. 3/2004 (26). С. 75 – 79.

7. Праховник А.В., Іншеков Є.М. Побудова енергоефективної економіки України через створення ієрархічної системи енергетичного менеджменту. Вісник ХНТУСГ «Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України», 2004, Вип. 27, т.1. С.113-125.

8. Розен В.П., Соловей А.И., Іншеков Е.Н., Чернявский А.В. Внедрение системы энергетического менеджмента на промышленных предприятиях Украины. Вісник ХНТУСГ «Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України», 2004, Вип. 27, т.1. С. 189-199.

9. Бориченко О.В. Інтегрована система контролю ефективності використання електричної енергії у виробництві. Спеціальність 05.14.01-енергетичні системи та комплекси. Автореферат дис. на здобут. науков. ступ. канд. техн. наук. Київ. 2011.

10. Давиденко В.А. Моніторинг ефективності енерговикористання в системах комунального водопостачання підприємств водопровідно-каналізаційного господарства. Спеціальність 05.14.01- енергетичні системи та комплекси. Автореферат дис. На здобут. науков. ступ. к. т. н. - Київ. 2011.

11. Ячник Є.А. Розробка багатокритеріальних моделей та засобів управління енерговикористанням у навчальних закладах. Спеціальність 05.14.01- енергетичні системи та комплекси. Автореферат дис. На здобут. науков. ступ. канд. техн. наук. Київ. 2011.

12. Шовкалюк М.М. Вплив температурно-погодинних та експлуатаційних факторів на рівень ефективності теплопостачання. Спеціальність 05.14.01-енергетичні системи та комплекси. Автореферат дис. На здобут. науков. ступ. канд. техн. наук. Київ. 2011.

13. Доценко С. І. Методологія організації процесів енергетичної діяльності підприємств АПК [Текст] / С. І. Доценко // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка, вип.102. Технічні науки. "Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України" – Харків: 2010. С. 52-54.

14. Енергозбереження. Системи енергетичного менеджменту. Загальні вимоги ДСТУ 4472-2005. [Чинний від 2006-07-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2006. – 21 с. – (Національний стандарт України).



15. Системи управління якістю вимоги: (ISO 9001: 2000, IDT) ДСТУ ISO 9001:2001. [Чинний від 2001-10-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2001. – 40 с. – (Національний стандарт України).

16. Доценко С.І. Теоретичні основи створення інтелектуальних систем комп'ютерної підтримки рішень при управлінні енергозбереженням організацій: дис. д-ра. техн. наук: 05.13.06 /Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка / С.І. Доценко. – Харків, 2017. – 369 с.

17. Научно-технические основы энергоэффективного экологически чистого электроотопления помещений, энергозбереження и энергоменеджмента. 2-е изд.перераб. и дополн. (монография)/Под общей редакцией Фиалко Н.М, Савенко В.И. –Киев: Центр учебной литературы, 2018.- 472с.

18. Доценко С.І. Методологія організації процесів енергетичної діяльності підприємств АПК [Текст] // Вісник ХНТУСГ «Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України» / С.І. Доценко. – Харків: ХНТУСГ, 2010. – Вип. 102. – С. 52–54.

19. Коутс Р. Інтерфейс «человек-компьютер» [Текст] / Р. Коутс, И. Влейминк: Пер. с. англ. – М.: Мир, 1990. – 502 с.

20. Алексенко О.В. Визначення параметрів теплової мережі мікрорайону на основі комплексної адаптивної моделі [Текст] / О.В. Алексенко, В. Г. Неня, Ю.В. Парфененко та ін. // Вісник Херсонського національного технічного університету. – Херсон: Вид. Херсонського НТУ, 2014. – № 3 (50). – С. 108–113.

21. M. Liu "Continuous Commissioning Leading Energy Project Process – An Industry Approach" / M. Liu, J. Wang, K. Hansen, A. Selzer / (2005). Architectural Engineering – Faculty Publications. Paper 30. [Electronic resource].–Regime of access : <http://digitalcommons.unl.edu/archengfacpub/30>

Chapter 5.

1. Закон України «Про відходи» // Голос України. – 1998. – № 70. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3073-14#Text> (Дата звернення 30.06.2020).

2. Бройде З. С. Унификация терминов в сфере обращения с отходами /З. С. Бройде, Е. А. Макаров, И. И. Рождов // Проблемы сбора, переработки и утилизации отходов. – Одесса: ОЦНТЭИ, 2000. – С.12–20.

3. Про затвердження Правил визначення норм надання послуг з вивезення побутових відходів. Наказ від 30.07.2010 N 259 [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0871-10#Text> (Дата звернення 30.06.2020).

4. Берлінг Р.З. Поняття відходів: еволюція трактувань і сучасні підходи / Р.З. Берлінг // Вісник Національного університету “Львівська політехніка”. Проблеми економіки та управління – 2002. – № 448. – С. 147–151.

5. Радовенчик В. М. Тверді відходи: збір, переробка, складування : навч. посібник / В. М. Радовенчик, М. Д. Гомеля . – К. : Кондор, 2010 . – 552 с.



6. Гринин А. С. Промышленные и бытовые отходы: хранение, утилизация, переработка : учебное пособие / А. С. Гринин, В. Н. Новиков. – Москва : ФАИР-ПРЕСС, 2002. – 332 с. : ил.

7. Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів: затв. наказом Міністерства охорони здоров'я України від 19.06.96 р. № 173. – К., 1996.

8. Планування міжмуніципальної системи інтегрованого поводження з твердими побутовими відходами [методичний посібник] / [А. М. Артов, В. Є. Сороковський] ; за заг. ред. В. Є. Сороковського ; Швейцарсько-український проект «Підтримка децентралізації в Україні» DESPRO. – К., 2016. – 103 с. ISBN 978-617-7373-67-3

9. Екосередовище і сучасність. Т.5. Управління екосередовищем в умовах регіоналізації / [С. І. Дорогунцов, М. А. Хвесик, Л. М. Горбач та ін.]. – К. : Кондор, 2007. – 446с.

10. Ключниченко Є. Є. Соціально-економічні основи планування та забудови міст / Є. Є. Ключниченко; Українська академія архітектури, державний науково-дослідницький інститут містобудування держбуду України. – К. : НДПІ містобудування, 1999. – 348 с.

11. Методологические основы районной планировки. Введение в демозкологию:учебник для вузов / Г. И. Лаврик. – Белгород: БГТУ им. В. Г. Шухова, 2007.–117с.

12. Зигун А. Ю. Використання світового досвіду системи управління відходами / А. Ю. Зигун // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Науково-практичний журнал. Теорія і практика будівництва. – Львів, 2011. – Вип. 697. – С. 122–126.

13. . Guerrero, L. A., Maas, G., &Hogland, W. (2013). Solid waste management challenges for cities in developing countries. Waste Management, 33(1), 220-232. doi:10.1016/j.wasman.2012.09.008

14. Alagöz, A. Z., &Kocasoy, G. (2008). Improvement and modification of the routing system for the health-care waste collection and transportation in istanbul. Waste Management, 28(8), 1461-1471. doi:10.1016/j.wasman.2007.08.024

15. Burnley, S. J. (2007). A review of municipal solid waste composition in the united kingdom. Waste Management, 27(10), 1274-1285. doi:10.1016/j.wasman.2006.06.018

16. Marshall, R. E., &Farahbakhsh, K. (2013). Systems approaches to integrated solid waste management in developing countries. WasteManagement, 33(4), 988-1003. doi:10.1016/j.wasman.2012.12.023

17. Baetz, B. W. (1990). Capacity planning for waste management systems. Civil Engineering Systems, 7(4), 229-235. doi:10.1080/02630259008970594

18. Paul, M., &Bussemaker, M. J. (2020). A web-based geographic interface system to support decision making for municipal solid waste management in england. JournalofCleanerProduction, 263 doi:10.1016/j.jclepro.2020.121461

19. Національна стратегія поводження з твердими побутовими відходами в Україні. Стратегія та план дій. Звіт №59219R3. Видання №1b від 3.12.2004 р.



[Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http:// www.ukrwaste.com.ua/Pdf_s/ReportsUkr/Strateg_u.pdf](http://www.ukrwaste.com.ua/Pdf_s/ReportsUkr/Strateg_u.pdf)

20. Asefi, H., & Lim, S. (2017). A novel multi-dimensional modeling approach to integrated municipal solid waste management. *Journal of Cleaner Production*, 166, 1131-1143. doi:10.1016/j.jclepro.2017.08.061

21. Bing, X., Bloemhof, J. M., Ramos, T. R. P., Barbosa-Povoa, A. P., Wong, C. Y., & van der Vorst, J. G. A. J. (2016). Research challenges in municipal solid waste logistics management. *Waste Management*, 48, 584-592. doi:10.1016/j.wasman.2015.11.025

22. Eriksson, O., Reich, M. C., Frostell, B., Björklund, A., Assefa, G., Sundqvist, J. -,Thyselius, L. (2005). Municipal solid waste management from a systems perspective. *Journal of Cleaner Production*, 13(3), 241-252. doi:10.1016/j.jclepro.2004.02.018

23. Ghiani, G., Laganà, D., Manni, E., Musmanno, R., & Vigo, D. (2014). Operations research in solid waste management: A survey of strategic and tactical issues. *Computers and Operations Research*, 44, 22-32. doi:10.1016/j.cor.2013.10.006

24. Dubrova, S., Chelinho, S., Zelenkovskiy, P., & Podlipskiy, I. (2020). Methodology of the geoecological functional zoning of territories subjected to anthropogenic disturbance due to waste disposal. Paper presented at the E3S Web of Conferences, , 169 doi:10.1051/e3sconf/202016902003

25. Sahely, H. R., Dudding, S., & Kennedy, C. A. (2003). Estimating the urban metabolism of canadian cities: Greater toronto area case study. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 30(2), 468-483. doi:10.1139/l02-105

26. Slocombe, D. S. (1993). Environmental planning, ecosystem science, and ecosystem approaches for integrating environment and development. *Environmental Management*, 17(3), 289-303. doi:10.1007/BF02394672

Chapter 6.

1. Амоша О. І. Інноваційний розвиток промислових підприємств у регіонах : проблеми та перспективи / О. І. Амоша, Л. М. Саломатіна // Науковий журнал “Економіка України”. — 2017. — 3 (664). — С. 20-34.

2. Гончаренко Л.П. Риск-менеджмент / Л. П. Гончаренко, С. А. Филин. — М.: КНОРУС, — 2010. — 216 с.

3. Ільїна Т.А. Методичні засади формування системи управління ризиками в сучасних умовах / Т. А. Ільїна // Економічний вісник Запорізької державної інженерної академії. - 2018. - Вип. 6. - С. 121-124. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/evzdia_2018_6_24.

4. Климчук М. М. Розвиток цифрової економіки та запровадження принципів енергоефективності в економічну стратегію держави: Монографія / В.В. Ткаченко, О. А. Бондар, М. М. Климчук, Поколенко В.О., Циркун Т.О – Івано-Франківськ, вид-во «Фоліант», 2019. – 252 с.

5. Климчук М. М. Формування механізму управління ризиками будівельних проектів на засадах компенсаторної технології «Tax Increment Financing» / М. М. Климчук, Т. А. Ільїна, В. О. Поколенко // Бізнес Інформ. – 2019. – № 2. – С. 218–223.



6. Покровский А. К. Риск-менеджмент на предприятиях промышленности и транспорта. / А. К. Покровский М.: КНОРУС, 2014. - 160 с.

7. Семенова Г. І. Сутнісний зміст і таксономія ризиків девелоперських проєктів / Г. І. Семенова // Бізнес Інформ. – 2012. – № 8. – С. 231 – 235.

8. Klymchuk M. The economic-mathematical development of buildings construction model optimization on the basis of digital economy / M. Klymchuk, V. Tkachenko, A. Kwilinski // Management Systems in Production Engineering. – VoL. 27. - Issue 2. – 2019. – С. 119-123.

Chapter 7.

1. Making ‘chemical cocktails’ – Evolution of urban geochemical processes across the periodic: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0883292720301189>.

2. Origin and spatial distribution of metals in moss samples in Albania: A hotspot of heavy metal contamination in Europe / P. Laz. – 2018. – V.190. – P.337-349.

3. Geochemical controls on the distribution of mercury and methylmercury in sediments of the coastal East China Sea. – 2019. – V.667. – P.133-141.

4. Alekseenko, V. The abundances of chemical elements in urban soils // Journal of Geochemical Exploration. – 2014. – V147 (B). – P. 245–249.

5. Zaborska, A. History of heavy metal accumulation in the Svalbard area: Distribution, origin and transport pathways. – 2017. – V231, P.1. – P. 437-450.

6. The presence of mercury and other trace metals in surface soils in the Norwegian Arctic / K. Halbach [et al.]. – Chemosphere. – 2017. – V188. – P. 567-574.

7. Mercury in the Canadian Arctic Terrestrial Environment: An Update / M. Gamberg [et al.] // Science of the Total Environment. – 2015. – V509-510. – P. 28-40.

8. Distribution of trace and major elements in subarctic ecosystem soils / Y. Agnan // Science of The Total Environment. – 2019. – V. 682. – P. 650–662.

9. Ecological changes in two contrasting lakes associated with human activity and dust transport in western Wyoming / J. Brahney. – 2015. – Vol. 60 (2). – P. 678–695.

10. Sedimentary biogeochemical record in Lake Gonghai: Implications for recent lake changes in relatively remote areas of China / D. Wan. – 2019. – Vol.649. – P. 929-937.

11. One-century sediment records of heavy metal pollution on the southeast Mongolian Plateau / D.Wan // Chemosphere. – 2019. – V220. – P. 539-545.

12. Велданова, М.Н. Медико-экологическое обоснование и алгоритм проведения диагностики и профилактики микроэлементозов в йоддефицитных биогеохимических провинциях, 2002. – №9. – С.12-20.

13. Здоровье школьников / А.Ф. Бабцева – Благовещенск: Буквица, 2009. – 31 с.

14. Кучма, В.Р. Гигиена детей и подростков / М.: ГЭОТАР-Медиа, 2012. – 480 с.

15. Bencko, V. Use of human hair as a biomarker in the assessment of exposure



to pollutants in occupational and environmental settings. – 1995. – Vol.101. – P. 29-39.

16. Любченко, П.Н. Скрининговые методы для выявления групп повышенного риска среди рабочих, контактирующих с токсическими химическими элементами. Методические рекомендации / П.Н. Любченко. – М.: 1989. – 21 с.

17. Maugh, T.H. Hair: a diagnostic tool to compliment blood serum and urine / T.H. Maugh// Science/ – 1978. – Vol.202. – P. 1271-1273.

18. Trace element profiles in single strands of human hair determined HR-ICP-MS / K. Gellein [et al.] // Biol. Trace Elem. Res. – 2008. – Vol.123. – P. 250-260.

19. Sampling, storage and sample preparation procedures for X-ray fluorescence analysis of in voronmental materials. –Vienna: IAEA-TECDOC-950, 1997. – 55 p.

20. Contents of bioelements and toxic metals in a Polish population determined by hair analysis / Dunicz-Sokolowska A. // Magnesium Research, 2006. – V. 19. – P.167-179.

21. Грабесклис, А.Р. Возрастные и половые различия с элементом составе волос детей школьного возраста, 2004. – № 4. – С. 60-61.

22. Микроэлементозы человека: влияние возрастно-полового фактора на баланс остеотропных биоэлементов / Н.А. Гресь // Медицина. – 2009. – №2. – С. 83-87.

23. Коэффициент статистической нестабильности – дополнительный критерий при оценке результатов многоэлементного анализа волос / И.А. Рудаков [и др.]. // Микроэлементы в медицине. – 2006. – Т. 7(4). – С. 1-6.

24. Биоэлементный статус населения Беларуси: экологические, физиологические и патологические аспекты / под. ред. Н.А. Гресь. – М.: Харвест, 2011. – 352 с.

25. Скальный, А.В. Референтные значения концентрации химических элементов в волосах, полученные методом ИСП-АЭС, 2003. - Т. 4, №1. – С. 55-56.

26. Скальный, А.В. Диагностика и профилактика микроэлементозов с учетом результатов медико-экологической экспертизы. - М., 2000. - №3.– С. 175-200.

27. Bertram, H.P. Spurenelemente: Analytyk, Okotoxologische und medizischklinische Bedeutung / H.P. Bertram. - Munchen: Urban und Schwarzenberg, 1992. – 207 p.

28. Кудельский, А.В. Подземные воды Беларуси / А.В. Кудельский, В.И. Пашкевич, М.Г. Ясовеев. – Минск: Ин-т геол. наук НАН Беларуси, 1998. –235 с.

29. Горбачев, А.Л. Элементный статус населения в связи с химическим составом питьевой воды / Микроэлементы в медицине. – 2006. – Т. 2. – С.11-24.

30. Мазо, В.К. Медь в питании человека: всасывание и биодоступность, 2005. – №2. – С. 52-58.

31. Особенности обмена меди и марганца при применении железосодержащих препаратов / И.П. Зайцева // Терапевтический архив. – 2012. – №12. – С. 85-87.

32. Соболева, М.К. Эффективность ферропрепаратов и их побочные



действия при лечении железодефицитных состояний у детей. 2004. – №1. – С. 79-83.

33. Uptake of lead and iron by divalent metal transporter in yeast and mammalian cells / Biochem Biophys Res Communications. – 2002. – Vol.295. – P. 978–984.

34. Krupka, K. Badanie pierwiastkow wlosow. Laboratorium pierwatkow nieznaczej ilosci / K. Krupka, S. Puczkowski. – Lodz, 2004. – 23 p.

35. Глушкова, Н.В. Биомониторинг тяжелых металлов у детей в крупном промышленном городе / Оренбург, 2006. – С. 173-176.

Chapter 8.

1. ДБН В.2.5-24-2003. Электрическая кабельная система отопления. – К.: изд-во ГП “Укрархбудінформ”, 2003. - 31 с.

2. ДБН В.2.6-31:2006 „Конструкції будівель і споруд. Теплова ізоляція будівель”. – Взамен СНиП II-3-79; Введ. 01.04.2007. - К.: ГП „Укрархбудінформ”, 2007. – 80 с.

3. Богословский В.Н. Тепловой режим здания. - М.: Стройиздат, 1979. - 248с.

4. Богословский В.Н. Строительная теплофизика. - М.: Высшая шк., 1982. – 415 с.

5. Пономарева Н.К. Основные гигиенические параметры систем лучистого отопления // Панельное отопление зданий. – М., 1957 - С. 15-24.

6. Ральчук Н.Т. Панельное отопление зданий. - М.: Стройиздат, 1976. - 197с.

7. Миссенар А. Лучистое отопление и охлаждение. - М.: Стройиздат, 1961. -283 с.

8. Muncey R.W. The temperature of the foot it thermal comfort Anst.J.Appl.Sci,1954.

9. Новейшие технологии в системах отопления и охлаждения. Напольное отопление («Теплый пол») // Техническая документация 864.680.RU. Rehau.Know.how. - 2002. – 67 с.

10. Фангер П.О., Меликов А.К., Ханзава Х., Ринг Д. Турбулентность и сквозняки / П.О. Фангер, АМеликов А.К., Ханзава Х., Ринг Д. // АВОК. - 1991. - №1. - С. 16-18.

11. Богословский В.Н., Сканави А.Н. Отопление. – М.: Стройиздат, 1991. – 735 с.

12. Раб’ян Р. Системи опалення приміщень в аспекті теплового комфорту та технологічних вимог / Р. Раб’ян // Науково-технічний журнал. Ринок інсталяційний. Наука і техніка. – 1997. - С. 5-8.

13. Новейшие технологии в системах отопления и охлаждения. Напольное отопление («теплый пол») // Техническая документация 864. 680. RU. Rehau. Know. how. - 2002. – 67 с.



Chapter 9.

1. Войтович С. П. Гідрогеохімічне районування Червоноградського гірничопромислового району: збірн. наук. праць. Київ: УкрДГРІ. 2015. № 2. С. 109-124.

2. Іванов Є А. Сучасний стан розвитку процесів підтоплення і заболочення в межах Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну. Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. 2003. № 6. С. 79 – 84.

3. Лупейко Т. Г., М. О. Горбунова, Е.М. Баян. Глубокая очистка водных растворов от железа (III) карбонатсодержащим техногенным отходом. Журнал прикладной химии. 2004, Т. 77, вып. 1, с. 83 - 86.

4. Мазурак О.Т. та ін. Еколого-хімічні особливості видалення важких металів підтериконових стічних вод кальцію карбонатом. Науковий вісник національного лісотехнічного університету України: екологія та довкілля. Львів, 2018. № 28(1). С. 42-45.

5. Матлак Е. С., Огородник Е. Л. Анализ проблемы деминерализации шахтных вод и перспективных направлений ее решения. Проблемы экологии: загальнодерж. наук.-техн. журнал. Донецьк, ДВНЗ «ДонНТУ». 2011. № 1-2. С. 3 - 11.

6. Магмедов В.Г., Стольберг Ф.В., Беличенко Ю.П. Биоинженерные системы для охраны водных объектов от загрязнения. Гидротехника и мелиорация. 1984, № 1, с.68 - 70.

7. Мур Дж., Рамамурти С. Тяжелые металлы в природных водах: контроль и оценка влияния. Пер с англ. Москва: Мир. 1987. 288 с.

8. Набиванець Б. Й. Аналітична хімія природного середовища: підручник. Київ : Либідь, 1996. 304 с.

9. Никаноров А.М., Жулидов А.В., Покаржевский А.Д. Биомониторинг тяжелых металлов в пресноводных экосистемах. Л.: Гидрометеиздат. 1991. 312 с.

10. Парахонский Э.В. Охрана водных ресурсов на шахтах и разрезах. Москва: Недра. 1992. 246 с.

11. Перельман А.И. и др. Техногенные геохимические барьеры. Геохимия техногенных процессов. Москва : Наука. 1990. С. 14 - 26.

12. Пестриков С. В. и др. Геоэкологические технологии: реагентная очистка металлсодержащих подотвальных вод отработанного карьера Куль-Юрт-Тау. Инженерная экология. 2009. № 3. С. 44 - 52.

13. Пестриков С. В. и др. Экологические технологии: применение карбонатного эколого-геохимического барьера для удаления тяжелых металлов из водных сред: Инженерная экология. 2006, № 2, с. 8 - 19.

14. Пестриков С.В. и др. Обоснование эффективности эколого-геохимического барьера с высшими водными растениями для доочистки сточных вод от ионов тяжелых металлов. Инженерная экология, 2007, № 2. с. 21 - 28.

15. Россінський Р.М., Россінський В.М., Россінський І.М. Підземні води ліквідованих вугільних шахт. Властивості й вплив на навколишнє середовище, перспективи очистки підземних вод: збірник наукових праць. Вип. 2(50),



ДонНАБА, 2005. с. 32 - 36.

16. Саксин Б. Г., Крупская Л. Т. Роль болотных систем в очистке стоков горных предприятий Дальнего Востока. Горный журнал, 2004, № 2, с. 76 - 78.

17. Хруник С.Я. та ін. Енергетичне використання осадів стічних вод у цементній промисловості. Вісник національного університету «Львівська політехніка»: теорія і практика будівництва. Львів : 2013. № 755 С. 457 - 461.

18. Тарасевич Ю.І., Кіров Г.Н. Природні матеріали в очищенні стічних вод. Хімія й технологія води. 1991. № 2 (13). с. 132.

19. Фатеев А.И., Самохвалова В.Л. Динамика и трансформация тяжелых металлов в почве. Агроэкологический журнал. 2003. №2. С. 26-30.

20. Mazurak O., Solovodzinska I., Mazurak A., Gryncyshyn N. Reagent removal of heavy metals from waters of coal mines and spoil tips of the Lviv-Volyn industrial mine region. Journal of Ecological Engineering, vol. 20, iss. 8, 2019. S. 50-59. <https://doi.org/10.12911/22998993/110829>

21. Jackson J.J. et al. Empirical composition on aquatic macrophyts and their underlying sediments. Biogeochemistry. 1991, V.12. p. 71-86.

Chapter 10.

1. Назаренко М. І. Моделювання структури мобільних комплектів машин для організації технології процесів зведення енергоефективних будинків нового покоління / М. І. Назаренко, І. І. Перегінець, Є. В. Бринзін // Строительство. Материаловедение. Машиностроение. Науковий збірник. Серія: Инновационные технологии жизненного цикла объектов жилищно-гражданского, промышленного и транспортного назначения. - 2017. - Вып. 100. - С. 115-117. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/smmit_2017_100_18. (Дата звернення 03.07.2020).

2. Ніколаєв В.П. Нові засади ціноутворення в інвестиційнобудівельному процесі / В.П. Николаев // Формування ринкових відносин в Україні: Збірник наукових праць / Науковий редактор проф. І.Г. Манцуров. – Київ: НДЕІ Мінекономрозвитку і торгівлі, 2010. - № 4. – С. 71 - 77.

3. Николаева Т.В. Управление жизненным циклом зданий на единой информационной основе / Т.В. Николаева // Тезисы докладов IX Междунар. науч.- практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых «Проблемы и перспективы развития экономических наук в XXI веке», г. Москва, 23 – 24 ноября 2012 г. - М.: Аналит.центр «Экономика и финансы», 2012. - С. 54 – 57.

4. Куйбіда В.С. Політика ціноутворення у будівництві: ресурсне нормування, чи управління вартістю / В.С.Куйбіда, В.П. Ніколаєв // Управління сучасним містом: Щомісячний науковопрактичний журнал. - № 1 – 4/1 - 12 (33 – 36). – К.: НАДУ, 2009. - С. 58 – 67. Будівельне виробництво • № 59 • 2015 26

5. Перегінець І. І. Кластерні форми організації будівельного виробництва в умовах розвитку соціально-економічних трансформацій сучасної України / І. І. Перегінець // Містобудування та територіальне планування. Науковий збірник. Відпов. ред. М. М. Осетрін - 2017. – Випуск № 64. - С. 560-569.

6. Савицький М. В. Показники енергоефективності малоповерхових екобудинків з використанням місцевих матеріалів / М. В. Савицький, Ю. Б.



Бендерський, І. І. Перегінець, М. М. Бабенко // Строительство. Материаловедение. Машиностроение. Науковий збірник. Серія: Створення високотехнологічних екокомплексів в Україні на основі концепції сбалансованого (устойчивого) розвитку. - 2011. - Випуск 60. - С. 168-170.

7. Савицький М. В. Світовий досвід енергоефективного будівництва з місцевих матеріалів та доцільність його використання в умовах України / М. В. Савицький, Ю. Б. Бендерський, Є. Л. Юрченко, І. І. Перегінець, О. О. Коваль, М. М. Бабенко // Строительство. Материаловедение. Машиностроение. Серія: Інноваційні технології життєвого циклу об'єктів житлово-громадянського, промислового і транспортного призначення. Збірник наукових праць. - 2011. - Вип. 61. - С. 375-381.

8. Перегінець І. І. Адміністративно-територіальна реформа в Україні як джерело розвитку малоповерхового житлового домобудування / І. І. Перегінець, М. В. Савицький, І. І. Куліченко, О. О. Коваль // Строительство. Материаловедение. Машиностроение. Серія: Інноваційні технології життєвого циклу об'єктів житлово-громадянського, промислового і транспортного призначення. - 2015. - Вип. 82. - С. 149-153.

9. Перегінець І. І. Ефективність інноваційних моделей будівельного виробництва в умовах конкурентного середовища / І. І. Перегінець, М. В. Савицький, О. О. Коваль, М. М. Бабенко, В. В. Пипа // Строительство. Материаловедение. Машиностроение. Серія: Інноваційні технології життєвого циклу об'єктів житлово-громадянського, промислового і транспортного призначення. - 2016. – Випуск № 91. - С. 115-118.

10. Перегінець І. І. Синергетичний ефект кластерних домобудівних стратегій житлового сектору України в умовах соціально-економічних трансформацій / І. І. Перегінець, І. І. Назаренко та інші. // Строительство. Материаловедение. Машиностроение. Серія: Створення високотехнологічних екокомплексів в Україні на основі концепції сбалансованого (устойчивого) розвитку. - 2016. – Випуск № 87. - С. 92-97.

11. Перегінець І. І. Розвиток малоповерхового житлового будівництва України через житлово-будівельну кооперацію / І. І. Перегінець, М. В. Савицький, Є. Л. Юрченко, О. О. Коваль, Т. А. Ковтун-Горбачова, А. С. Коваль, Д. М. Зезюков, М. М. Махінко // Строительство. Материаловедение. Машиностроение. Інноваційні технології життєвого циклу об'єктів житлово-громадянського, промислового і транспортного призначення. - 2014. – №77. - С. 139-143.

12. Генри С. Харрисон. Оценка недвижимости: учебное пособие / Г. Харрисон; перевод с английского [Электронный ресурс]. – Москва: РИО Мособлупрполиграфиздат, 1994. – 340 с.

13. Рециклінг будівельних відходів / [Е. А. Шишкін, Ю. І. Гайко, К. І. Вяткін, А. О. Чала] // Містобудування та територіальне планування : Науково-технічний Збірник наукових праць / Відпов. редактор М. М. Осетрін – Київ, КНУБА, 2018. – Випуск № 66. – С. 654–666, ISSN 2076-815X.

14. Шутенко Л. М. Технологічні основи формування і оптимізації життєвого циклу міського житлового фонду: автореф. дис. на здобуття наук.



ступеню доктора технічних наук: спец. 05.23.08 «Технологія промислового і цивільного будівництва». Збірник наукових праць. [Електронний ресурс] / Леонід Миколайович Шутенко; КНУБА. – Київ, 2002. – Режим доступу: <http://referatu.net.ua/referats/7569/147661> (Дата звернення 03.06.2020).

15. Апатенко Т. М. Життєздатна архітектура як ідея сталого розвитку міст, або екологічного проектування/ Т. М. Апатенко, Т. В. Жидкова. Науково-технічний збірник наукових праць // Electronic edition Conference Proceedings of the International Scientific Internet Conference Modern Problems of Improve Living Standards in a Globalized World (December 8, 2016, Opole – Berdyansk – Slavyansk), 2016; – С. 428–432 – ISBN 978-83-62683-871.

16. Cost optimal and nearly zero (nZEB) energy performance calculations for residential buildings with REHVA definition for nZEB national implementation / J. Kurnitski, A. Saari, T. Kalamees, M. Vuolle // Energy and Buildings. – 2011. – № 43 (11). – P. 3279–3288.

Chapter 11.

1. Ковалець С.І. Метали та їх властивості / С.І. Ковалець. – К., 1983. – 126с.
2. Хомченко Г.П., Цитович И.Г. Неорганическая химия / Г.П. Хомченко, И.Г. Цитович. – М.: Высшая школа, 1987. – 464 с.
3. Фримантл М. Химия в действии.: В 2-х ч. –ч.1. / М. Фримантл – М.: Мир, 1998. – 528 с.
4. ТУУ 14333-082/001-98 «Перетворювач іржі «КОНТРАСТ» – К., 1998.
5. ДСТУ 4372:2005 «Перетворювач іржі на основі деревинної речовини. Технічні вимоги.» – К., 2005
6. Патент № (11) 61544 «Перетворювач іржі «КОНТРАСТ» .
7. Техника борьбы с коррозией: Пер. с пол. / Р. Юхневич, В. Богданович, Е. Валашковский и др.; под ред. А.М. Сухотина. – Л.: Химия, 1980. – 224 с.
8. Розенфельд И. Л. Защита металлов от коррозии лакокрасочными покрытиями / И. Л. Розенфельд, Ф. И. Рубинштейн, К. А. Жигалова. – М.: Химия, 1987. – 222 с.
9. Петров Л. Н. Коррозионно-механическое разрушение металлов и сплавов / Л.Н. Петров. – К.: Наук. думка, 1991. – 215 с.
10. Савенко В.І., Плугін А.А. Кущенко І.В., Висоцька Л.М. Журавський О.Д. та ін. Забезпечення корозійної та функціональної стійкості металомістких комплексів і критичної інфраструктури за допомогою інноваційних науковомістких екоресурсозберігаючих технологій Монографія - Київ, УАН. Центр учб. літ. 2019. - 306 с.

Chapter 12.

1. Фиалко Н.М., Шеренковский Ю.В., Майсон Н.В., Меранова Н.О., Бутовский Л.С., Абдулин М.З., Полозенко Н.П., Клищ А.В., Стрижеус С.Н., Тимощенко А.Б. Интенсификация процессов переноса в горелочном устройстве с цилиндрическим стабилизатором пламени. _ Науковий вісник НЛТУ України. 2014. 24. С.136-142. ISBN 5-7763-2435-1.
2. Фиалко Н.М., Шеренковский Ю.В., Майсон Н.В., Меранова Н.О.,



Абдулин М.З., Бутовский Л.С., Полозенко Н.П., Клищ А.В., Стрижеус С.Н., Тимощенко А.Б. Математическое моделирование процессов течения и смесеобразования в цилиндрическом стабилизаторном горелочном устройстве. Восточно-европейский журнал передовых технологий. 2014. №3. С.40-44. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2015.39193>.

3. Фиалко Н.М., Прокопов В.Г., Шеренковский Ю.В., Алёшко С.А., Меранова Н.О., Абдулин М.З., Бутовский Л.С., Миргородский А.Н. Компьютерное моделирование процессов переноса в системах охлаждения горелочных устройств стабилизаторного типа. Промышленная теплотехника. 2012. №1. С. 64-71. <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/59056>

4. Фиалко Н.М., Шеренковский Ю.В., Прокопов В.Г., Меранова Н.О., Алёшко С.О., Тимощенко О.Б., Полозенко Н.П., Стрижеус С.Н. Сравнительный анализ характеристик течения в горелках с эшелонированным расположением стабилизаторов пламени в изотермических условиях и при горении топлива. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2016. вип. 242. С. 33-40.

5. Фиалко Н.М., Шеренковский Ю.В., Майсон Н.В., Меранова Н.О., Абдулин М.З., Бутовский Л.С., Полозенко Н.П., Клищ А.В., Стрижеус С.Н., Тимощенко А.Б. Влияние пластинчатых турбулизаторов потока на характеристики течения и смесеобразования топлива и окислителя в цилиндрическом стабилизаторном горелочном устройстве. Науковий вісник НЛТУ України. 2014. 6(24). С.114-121. ISBN 5-7763-2435-1.

6. Фиалко Н.М., Шеренковский Ю.В., Прокопов В.Г., Альошко С.О., Меранова Н.О., Рокитко К.В. CFD моделювання температурних режимів зони горіння пальників стабілізаторного типу з асиметричною подачею палива. Теплофізика та теплотехніка. 2019. 41. №4. С.13-18. <https://doi.org/10.31472/tpe.4.2019>.

7. Fialko N.M., Aleshko S.A., Rokitko K.V., Maletskaya O.E., Milko E.I., Kutnyak O.N., Olkhovskaya N.N., Donchak M.I., Evtushenko A.A. Regularities of mixture formation in the burners of the stabilizer type with one-sided fuel supply. Технологические системы, 2018, 3(38). – С. 37-43.

8. Фиалко Н.М., Прокопов В.Г., Алёшко С.А., Абдулин М.З., Рокитко К.В., Малецкая О.Е., Милко Е.И., Ольховская Н.Н., Реграги А., Евтушенко А.А. Компьютерное моделирование течения в микрофакельных горелочных устройствах с асимметричной подачей топлива. Науковий вісник НЛТУ України, 2018, т.28, № 8. – С 117-121.

Chapter 13.

1. Жупаненко А.В. Трансформация социальной роли зоопарков в современной экономике / А.В. Жупаненко // Материалы I Межд. заочной научно-практ. конференции «Туризм в современном мире. Проблемы и перспективы» – Тула, 2013. – С. 41–47.

2. Australian Bureau of Statistics (1998). Zoos, Parks and Gardens Industry. Canberra: ABS. 32 с.

3. Beadworth, A., Bryman, A. (2011). The wild animal in late modernity: the



case of the Disneyization of zoos. *Tourist studies*, 1: 83–104.

4. Falk, J.H., Reinhard, E.M. etc. *Why Zoos & Aquariums Matter: Assessing the Impact of a Visit to a Zoo or Aquarium*. - [Електронний ресурс]. Режим доступу: www.izea.net. - (Дата звернення 4.07.2020).

5. Frost, W. (2011). *Zoos and tourism: conservation, education, entertainment?* / Warwick Frost. Great Britain: Short run press. 262 p.

6. Grant, K.B. *10 Things Zoos Won't Tell You*. - [Електронний ресурс]. Режим доступу: www.marketwatch.com. (Дата звернення 4.07.2020).

7. Hagginbottom, K. (2004). *Wildlife tourism: impacts, management and planning*. Australia: Common Ground Publishing Pty Ltd. 277 p.

8. Mullan, B., Marvin, G. (1987). *Zoo culture*. University of Illinois Press. 172 p.

9. Shackley, M. (1996). *Wildlife tourism*. London: Intern Thomson Business Press. 152 p.

10. Whitworth, A.W. *An Investigation into Determining Factors of Zoo Visitor Attendances in UK Zoos*. - Режим доступу: www.plosone.org. (Дата звернення 12.06.2020).

11. *Zoo and Aquarium Statistics*. - [Електронний ресурс]. Режим доступу: www.aza.org. (Дата звернення 4.07.2020).

12. *Zoos and Aquariums of the World*. - [Електронний ресурс]. Режим доступу: www.waza.org. (Дата звернення 12.06.2020).

13. Збуржинська М. Інноваційний розвиток підприємств пивоварної промисловості України // *Економіка України*. – 2002. – № 4.

14. Золотова Л. Товарний знак – атрибут конкурентного економічного середовища // *Інтелектуальна власність*. – 2002. – № 1. – С. 13 – 14.

15. Карлоф Б. Ділова стратегія: Пер. з англ. - М.: Економіка, 1991. – 239 с.

16. Коршунов В.І. Стратегічне планування маркетингової діяльності на підприємстві: Автореф. дис. д-ра економ. наук: 08.06.02 / ХДЕУ. – Харків, 2002. – 36 с.

17. Несторова Ю. Методи оцінки вартості бренду / Ю.Несторова // *Маркетинг в Україні*. – 2006. – № 3. – С. 61 – 64.

18. Сахаров В.Є., Безрукова Н.В. Застосування торгових марок у просуванні товарів // *Актуальні проблеми економіки*. – 2003. – № 7. – С. 75-85.

19. Симонова В.С. Еволюція категорій «Стратегія та Стратегічне управління» // *Актуальні проблеми економіки*. – 2006. – № 5. – С. 117 – 120.

20. Кригіель, Едді та Бред Ніс. *Зелений BIM: успішний стійкий дизайн із побудовою інформаційного моделювання*. John Wiley & Sons, 2008.

21. *Leadership in Energy and Environmental Design, LEED* / Керування у сфері енергоефективного та екологічного проектування. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.leed.net/> (Дата звернення 01.07.2020).

22. *BIM та ISO 19650 – у контексті управління проектами: проспект про стандарт ISO 19650 із використання ІМБ* / К. Кастен, Д. Альсен, І. Алвсоккер та ін. // вступ. ст. К. Рудден // *Переклад та підготовка до публікації ГС «МГІК»*; керівник робочої групи О. Непомнящий – Харків: ТОВ «Видавництво «Форт», 2019. – 51 с.



Chapter 14.

1. Abaza, H. & Rietbergen-McCracken, J. (2000). Environmental Valuation: A Worldwide Compendium of Case Studies. Earthscan: London.

2. Ananda, J. (2007). Implementing Participatory Decision Making in Forest Planning. Environmental Management, 39 (4).

3. Организация Объединенных Наций, Руководство по национальным счетам: комплексный экологический и экономический учет, 2003 год, Серия F, № 78, Rev.1 [издание Организации Объединенных Наций, в продаже под № E 00.XVII.17. - Электронный ресурс. - Режим доступа: https://unstats.un.org/unsd/publication/seriesf/Seriesf_100r.pdf. (Дата обращения 05.06.2020).

4. Комиссия Европейских сообществ, Международный валютный фонд, Организация экономического сотрудничества и развития, Организация Объединенных Наций и Всемирный банк, Система национальных счетов 2008 года (издание Организации Объединенных Наций, в продаже под № R.08.XVII.29). Электронный ресурс. - Режим доступа: https://unstats.un.org/unsd/publication/seriesf/Seriesf_100r.pdf. (Дата обращения 05.06.2020).

5. Эколого-экономически безопасная питьевая вода и основные санитарно-технические средства. - Электронный ресурс. - Режим доступа: <http://mdgs.un.org/unsd/mdg/Home.aspx> (Дата обращения 11.07.2020).

6. Водна рамкова Директива ЄС 2000/60/ЄС. Основні терміни та їх визначення. Європейського Парламенту і Ради "Про встановлення рамок діяльності Співтовариства в галузі водної політики" від 23 жовтня 2000 року (із змінами, внесеними: Рішенням 2455/2001/ЄС Європейського Парламенту і Ради від 20.11.2001 р. та Директивою 2008/32/ЄС Європейського Парламенту і Ради від 11.03.2008 р.). - К., 2006. - 240 с.

7. Руководство по водным ресурсам и адаптации к изменению климата. Организация Объединенных Наций. Нью-Йорк и Женева, 2009. - 127 с.

8. Методические рекомендации по оценке риска аварий гидротехнических сооружений и накопителей промышленных отходов / ФГУП ВНИИ ВОГЕО. - М., 2002.

9. О безопасности гидротехнических сооружений: Федеральный закон от 21 июля 1997 г. № 117-ФЗ: по состоянию на 13 июля 2015 г. // Гарант Эксперт 2013 [Электронный ресурс]. - НПП «Гарант-Сервис», 2015.

10. Стефанишин, Д.В. Оценка нормативной безопасности плотин по критериям риска / Д.В. Стефанишин // Гидротехническое строительство. - 1997. - № 2. - С. 44-47.

11. Балабан-Ирменин Ю.В. Применение термодинамических критериев для накипеобразующей способности воды в сетевых подогревателях / Ю.В. Балабан-Ирменин, С.Е. Бессолицын, А.М. Рубашов // Теплоэнергетика, 1996. - № 8. - С. 67 - 69.

12. Журавська Н.Є. Особливості апаратурної реалізації підготовки води в системах теплоенергетичних об'єктів за допомогою електромагнітних полів / Містобудування та територіальне планування: Науково-технічний збірник. Від.



ред. М.М. Осетрін. – К.: КНУБА, 2018. – Вип. 68. – С. 190 - 197.

13. Журавська Н.Є. Техногенез як факторна ознака техногенно-зумовлених систем теплопостачання, в яких при підготовці води використовують електромагнітні поля [Текст] / Н.Є. Журавська // Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. – 2019. – № 42. – К.: КНУБА. – С. 213 – 222.

14. Заславский Ю.А. Способ контроля эффективности магнитной обработки питательной воды для паровых котлов // Инф. листок ДВ ЦНТИ № 249-250. - Владивосток, 1972. - 8 с.

15. Заславский Ю.А. Безреагентная обработка воды - один из путей защиты окружающей среды // Сб. "Продуктивность экосистем, охрана водных ресурсов и атмосферы." Красноярск, 1975, С. 116-117.

16. Заславский Ю.А. Некоторые результаты исследований влияния магнитного на карбонатно-кальцевое равновесие природных вод // Использование неорганических ресурсов океанической воды. Владивосток: Издательство ДВО АН СССР, 1975. С. 32-38.

17. О.І. Ольховик, Є.О. Ольховик Організація і технологія водогосподарського будівництва. Навчальний посібник. – Рівне: НУВГП, 2012 р. – 205 с.

18. Белов С.Г. Разработка метода точного дозирования высоких удельных доз озона при обработке воды / С.Г. Белов // Вестник БрГТУ. - 2011. - № 2: Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – С. 73 – 81.

19. Житенев Б.Н. Удаление органических загрязнений поверхностных вод для производственного водоснабжения / Б.Н. Житенев, М.А. Таратенкова // Вестник БрГТУ: Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – 2015. № 2. – С. 55-58.

20. National Report on the State of Environment in Ukraine in 2010. - Kyiv: Center for Environmental Education and Information, 2011. - 254 P. - Электронный ресурс. – Режим доступа: <https://www.cbd.int/doc/world/ua/ua-nr-04-ru.pdf> (Дата обращения 12.07.2020)

20. Zhuravska N. Ways to Create a Safe Environment for Human Life. / N. Zhuravska // Human Environment: Natural, Technological, and Social. Materials to the III International Scientific-Practical Conference of Students and Young Scientists. – Bryansk: Publishing House BGITA. – 2014. - S.122-124.

21. Malkyn E. Prospects for Resource Saving Technologies Through Magnetic Treatment of Water and Aqueous Solutions [Text] / E. Malkyn, I. Furtat, N. Zhuravska, V. Usachyov // Ventilation, Lighting and Heat: NTRP. - Ed.17 [Ed. E.S. Malkin] - K.: KNUBA, 2014. - P. 120-127.

22. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2015 році. – К.: Міністерство екології та природних ресурсів України, ФОП Грінь Д.С. – 2017. – 308 с. - Электронный ресурс. – Режим доступа: <https://drive.google.com/file/d/0Bx-9OHEvLyD6a1hBVIVkeXhGTlk/view> (Дата обращения 15.07.2020).

23. Журавська Н.Є., Малкін Е.С. Енергоефективна система теплопостачання з підвищеними екологічними властивостями / Н.Є. Журавська,



Е.С. Малкін // Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання: НТЗ. – Вип.19 [відп. ред. Е.С. Малкін] – К.: КНУБА, 2016. - с. 87- 93.

24. Журавська Н.Є. Енергозберігаюча технологія впливу біокорозії на матеріали / Містобудування та територіальне планування: Наук.-техн. збірник. Від. ред. М.М. Осетрін. – К.: КНУБА, 2016. – Вип. 60. – С.155-162.

25. Zhyravska N., Kulikov P. Management of production processes / Эл. Межд. Сборник «Трансграничное сотрудничество в области экологической безоп. и охр.окр.среды», IV Межд.н-практ. конф. Гомель, 4-5 июня 2018, ГГУ им.Ф.Скорини, 2018. - с.181-184.

26. Kulikov P. Environmental management of production processes in heating systems when receiving magnetic water in reagent-free method with the aim of environmentalization / P. Kulikov, O. Bondar, N. Zhyravska // International Journal of Engineering and Technology (UAE). Vol. 7, N 3.2. - 2018. - С. 621-625.

27. Zhyravska N. Levels of functional ordering of heat supply systems under conditions of receiving and application of magnetic water / Новополюцк, АСК: проблемы, перспективы, инновации, эл. сборник статей МНК, посвящ. 50-летию ПГУ, Полоцк: ПГУ, 2018. – С. 323-327.

28. Zhyravska N. Characterization and substantiation of conflict situations in the preparation of water for heat energy objects in the construction industry / USEFUL, Online Journal // Maimi, 2018. – vol. 2. – is. 3. - p. 07- 09.

29. Zhyravska N. Thermodynamic concept of operation of systems of thermal power objects of the building industry / N. Zhyravska, P. Kulikov // “Scientific development and achievements”. – Sciemcee Publishing”. - London: Sciemcee. - Vol.5. – 2018. – p. 392 - 402.

30. Zhyravska N., Malkin E. Justyna Sobczak-Piąstka. Energy efficient processing of geothermal water for energy-heating objects of the building industry / 9-13 Septemb WMESS 2019 World Multidisciplinary Earth Sciences Symposium (Всемирный междисциплинарный симпозиум по наукам о Земле) Organized by World MESS Ltd. Sokola Tummy 1099/1, 709 00 Ostrava – M. Hory, Czech Republic.

31. Zhyravska N. Organizational and economic instruments of investment and innovation providing restructuring of the enterpris / International Journal of Engineering and Technology (UAE). Vol. 7, N 4.8. - 2018. – С. 702-706.

Chapter 15.

1. Середюк М. Д. Проектування та експлуатація нафтопродуктопроводів. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2002. – 282 с. - Электронный ресурс. – Режим доступа: <http://chitalnya.nung.edu.ua/proektuvannya-ta-ekspluataciya-naftoproduktprovodiv.html>. (Дата обращения 24.07.2020).

2. Titlov O., Vasylyiv O., Sahala T., Bilenko N. Evaluation of the prospects for preliminary cooling of natural gas on main pipelines before compression through the discharge of exhaust heat of gas-turbine units / O. Titlov, O. Vasylyiv, T. Sahala, N. Bilenko // EUREKA: Physics and Engineering. – 2019. – № 5. – P. 47-55. Электронный ресурс. – Режим доступа: DOI: 10.21303/2461-4262.2019.00978. (Дата обращения 24.07.2020).

3. Морозюк Л.И. Теплоиспользующие холодильные машины – пути



развития и совершенствования / Л.И. Морозюк // Холодильная техника та технологія. 2014. № 5 (151). С. 23-29. Электронный ресурс. – Режим доступа: DOI: <http://dx.doi.org/10.15673/0453-8307.5/2014.28695>. (Дата обращения 24.07.2020).

4. Титлов А.С., Сагала Т.А., Артюх В.Н., Дьяченко Т.В. Анализ перспектив использования парожекторной и абсорбционной холодильных установок для охлаждения технологического газа, и получения жидкого углеводородного топлива / А.С. Титлов, Т.А. Сагала, В.Н. Артюх, Т.В. Дьяченко // Холодильная техника и технология. 2017. № 53 (6). С. 11-18. - Электронный ресурс. – Режим доступа: <https://doi.org/10.15673/ret.v53i6.920>. (Дата обращения 20.07.2020).

5. Галимова Л.В. Абсорбционные холодильные машины и тепловые насосы: монография / Л.В. Галимова // Научное издание. – Астрахань: Изд-во АГТУ, 1997. – 226 с. - Электронный ресурс. – Режим доступа: <https://www.twirpx.com/file/2384862/> (Дата обращения 20.07.2020).



SCIENTIFIC EDITION

MONOGRAPH
ERBE DER EUROPÄISCHEN WISSENSCHAFT
UMWELTSCHUTZ

HERITAGE OF EUROPEAN SCIENCE
ENVIRONMENTAL PROTECTION

MONOGRAPHIC SERIES «EUROPEAN SCIENCE»

BOOK 2. PART 1

Authors:

Aleshko S. (8, 12), Altman E. (1), Balina E. (2), Bezklubenko I. (2), Bilenko N. (15),
Bordiuh V. (13), Boshkov L. (1), Boshkova I. (1), Butsenko Y. (2), Chernykh L. (8),
Doroshenko V. (15), Dotsenko S. (4), Fialko N. (4, 8, 12), Galinska T. (5),
Georgiesh E. (15), Getun G. (2), Glamazdin D. (3), Glamazdin P. (3), Ilina T. (6),
Kachmar N. (9), Klueva V. (4), Klymchuk M. (6), Kulikov P. (4, 8, 14), Kutnyak O. (12),
Kyslyuk D. (11), Maletskaya O. (12), Mazurak O. (9), Meranova N. (4, 8, 12),
Pereginets I. (10), Polozenko N. (4, 8, 12), Prokopov V. (8, 12), Rokitko K. (12),
Sahala T. (15), Savenko V. (4, 8, 11), Sherenkovsky J. (12), Titlov A. (1, 15),
Tsyfra T. (13), Vasylyv O. (15), Vershigora D. (13), Volgusheva N. (1), Vysotska L. (11),
Wildman I. (14), Zelisko O. (9), Zhuravska N. (14), Zhuravskiy O. (11), Zygun A. (5),
Krukouska T. (7), Shovkivska V. (6).

The scientific achievements of the authors of the monograph were also reviewed and recommended for publication at the international scientific symposium

«*Erbe der europäischen Wissenschaft* /
Heritage of European science»
(July 30-31, 2020)

The monograph is included in
International scientometric databases

Service sheet 16.16
Circulation 500 copies.
Signed: September 20, 2020

Published:
ScientificWorld -Net Akhat AV
Lußstr 13,
Karlsruhe, Germany

in conjunction with Institute «SE&E»

e-mail: orgcom@sworld.education
www.sworld.education



Publisher is not responsible for accuracy
information and scientific results presented in the monograph

ISBN 978-3-982178-33-2



