

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ
(повне найменування вищого навчального закладу)

ФАКУЛЬТЕТ ОПЕРАТИВНО-РЯТУВАЛЬНИХ СИЛ
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

КАФЕДРА СПЕЦІАЛЬНОЇ ХІМІЇ ТА ХІМІЧНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

Пояснювальна записка

до дипломної роботи
за освітнім ступенем бакалавра
(освітньо-кваліфікаційний рівень)

На тему: «Розробка складів важких бетонів для біологічного захисту»

Виконав: здобувач вищої освіти 4 курсу
за освітнім ступенем бакалавра,
Групи ХТ-15-242
галузь знань (спеціальності)

0513«Хімічна технологія та інженерія»

6.051301«Хімічна технологія»

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Шурчилова Д.С.
(прізвище та ініціали)

Керівник: Христич О.В.
(прізвище та ініціали)

Рецензент: Корогодська А.М.
(прізвище та ініціали)

Харків 2019 року

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ

(повне найменування вищого навчального закладу)

ФАКУЛЬТЕТ ОПЕРАТИВНО-РЯТУВАЛЬНИХ СИЛ

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

КАФЕДРА СПЕЦІАЛЬНОЇ ХІМІЇ ТА ХІМІЧНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

Освітній ступень _____ бакалавра

Галузь знань _____ 0513«Хімічна технологія та інженерія»

(шифр і назва)

Спеціальність _____ 6.051301«Хімічна технологія»

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Начальник кафедри СХ та ХТ

О.В. Тарахно

“ _____ ” _____ 2019 року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ

Шурчилова Дарина Сергіївна

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи): «Розробка складів важких бетонів для біологічного захисту»

Керівник роботи _____ Христич Олена Валеріївна, кандидат технічних наук,

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “ 25 ” 03 2019 року
№ 51

2. Строк подання курсантом роботи: _____ 11.06.2019

3. Вихідні дані до роботи: алюмінати і феріти барію, швидкі терміни тужавіння; висока міцність; високий коефіцієнт масового поглинання.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити: Аналіз властивостей та технологій отримання захисних цементів; дослідження вихідних сировинних матеріалів; термодинамічні розрахунки системи $\text{BaO-Al}_2\text{O}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3$; розрахунок сировинних композицій; дослідження технічних властивостей розроблених цементів та бетонів на їх основі; заходи безпеки щодо охорони праці.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Термодинамічні константи сполук системи $\text{BaO-Al}_2\text{O}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3$; термодинамічна оцінка енергії Гіббса системи $\text{BaO-Al}_2\text{O}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3$; триангуляція трикомпонентної

системи BaO-Al₂O₃-Fe₂O₃; хімічний склад сировинних матеріалів; висновки щодо проведених досліджень.

Презентаційний матеріал на _____ слайдах

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада Консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	Завдання прийняв
4			

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка

Здобувач вищої освіти

(підпис)

Шурчилова Д.С.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Христич О.В.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Звіт про ДР ____ с., ____ рис., ____ табл., ____ джерел, ____ додатки.

Ключові слова: радіаційна безпека, спеціальні в'язучи, алюмобарієвий ферумвмісний цемент, термодинамічний аналіз, жаростійкість, коефіцієнтом масового поглинання, висока міцність.

Об'єкт досліджень: склади бетонів спеціального призначення на основі сполук та алюмінатів барію, с комплексом цінних експлуатаційних характеристик.

Мета роботи: розробка складів радіаційного характеру барійвмісного бетону, стійкого до іонізуючих випромінювання, жаростійкого, з підвищеною міцністю.

Стислий зміст роботи та висновки: проведений повний комплекс теоретичних досліджень складів радіаційностійкого барійвмісного бетону дозволяє вибрати ідеальну область з точки зору отримання раціональних складів з урахуванням потрібних експлуатаційних характеристик, розробити склади бетонів, встановити технологічні параметри синтезу і визначити фізико-механічні властивості отриманих матеріалів. Для раціонального складу розраховано коефіцієнт масового поглинання гамма-випромінювання, та за допомогою симплекс-ґратчастого методу планування експерименту спрогнозовано склад бетону Розроблені склади радіаційностійкого барійвмісного спеціального бетону, стійкого до дії іонізуючих випромінювань, жаростійкого, з підвищеною міцністю.

Область використання: отриманий радіаційностійкий барійзвмісний бетон може бути використаний для розробки нових складів жаростійких захисних конструкційних матеріалів для будівництва споруд АЕС, ядерних енергетичних установок, сховищ для захисту, елементів самих реакторів.

					НУЦЗУ.2.15-66.СХ та ХТ РПЗ-09	Лист
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		4

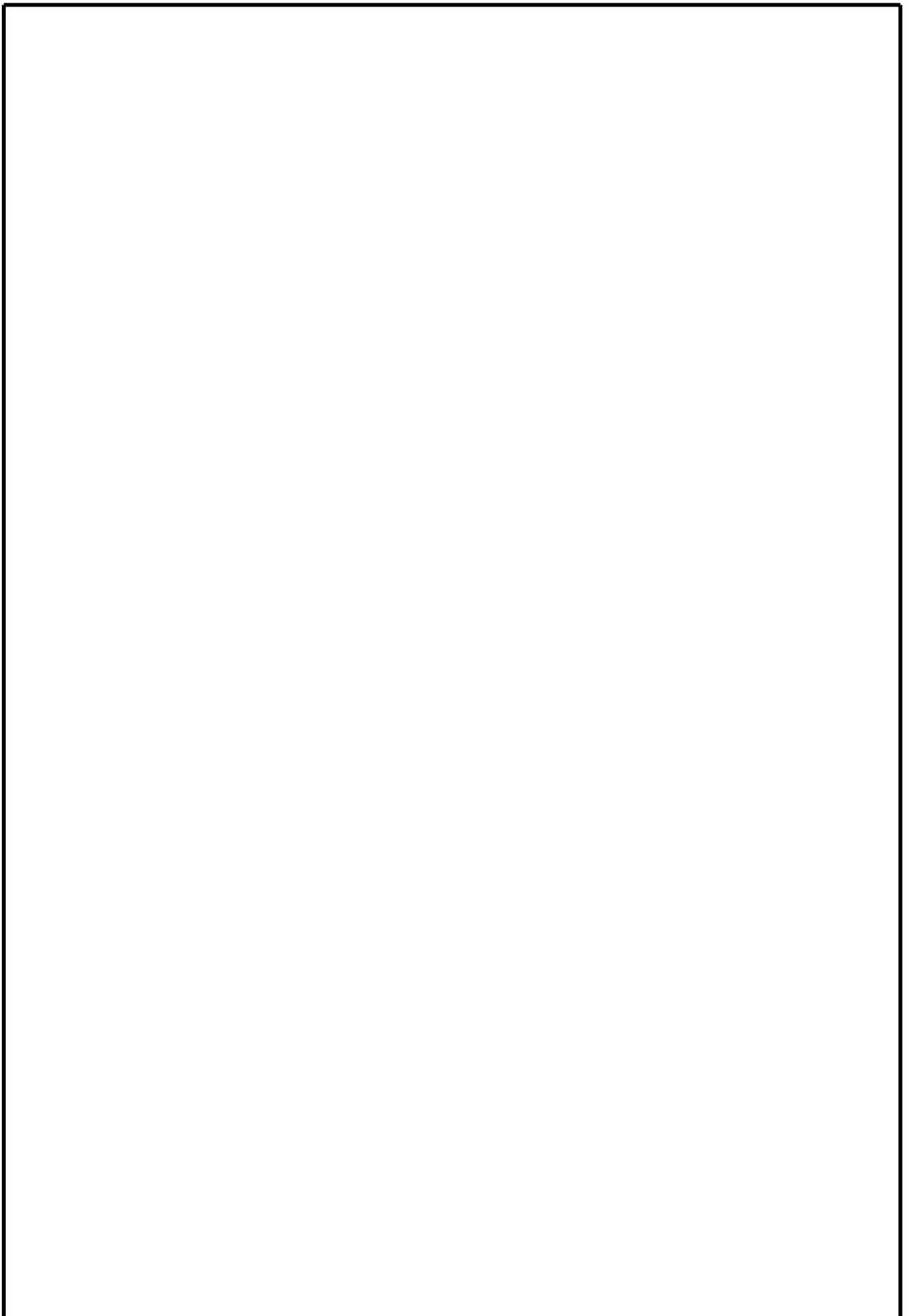
ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД	8
1.1. Класифікація бетонів	8
1.2. Спеціальні види важких бетонів	9
1.3. Особливості застосування бетонів	14
1.4. Властивості важких бетонів	16
РОЗДІЛ 2. ХАРАКТЕРИСТИКА СИРОВИНИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ	
2.1. Хімічний склад вихідних сировинних матеріалів	21
2.2. Методи дослідження	25
РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА	
3.1 Розрахунок сировинної суміші	28
3.2. Розрахунок коефіцієнта масового поглинання для складів бетону	33
3.3. Оптимізація складів барійвмісного цементу	35
3.4. Дослідження фізико-механічних властивостей бетонів на основі сполук барію	37
3.5. Висновки до розділу	38
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ	40
4.1. Загальна характеристика умов здійснення дослідження	40
4.2. Промислова санітарія	44
4.3. Заходи безпеки	45
4.4. Режим особистої безпеки	46
4.5. Висновки до розділу	47

					НУЦЗУ.2.15-91.СХ та ХТ РПЗ-09				
Зм.	Лист	№ докум	Підпи	Дата	<i>Розробка складів важких бетонів для біологічного захисту</i>	Лім.	Лист	Листів	
Розробив	Шурчилова Д.С.						5	59	
Перевірив	Христич О.В.								
Н. Контр.	Скородумова О.Б.								
Затверд.	Тарахно О.В.								
						ХТкс-15-242			

Висновки	48
Перелік джерел інформації	50
Додатки.	

					НУЦЗУ.2.15-91.СХ та ХТ РПЗ-09			
Зм.	Лист	№ докум	Підпи	Дата				
Розробив		Шурчилова Д.С.			<i>Розробка складів важких бетонів для біологічного захисту</i>	<i>Лім.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
Перевірив		Христич О.В.					5	59
Н. Контр.		Скородумова О.Б.				ХТкс-15-242		
Затверд.		Тарахно О.В.						



Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

НУЦЗУ.2.15-91.СХ та ХТ РПЗ-09

<i>Лист</i>
6

ВСТУП

Перший зразок бетону, був знайдений на березі Дунаю, в одному зі стародавніх поселень і може бути датований приблизно 5600 р. до н.е. До складу першого бетону, з якого була виготовлена плита для підлоги, 25 см завтовшки, входив гравій і червонуватий вапняк. Протягом століть цей будівельний матеріал здобув репутацію довговічного, вогнетривкого та надійного матеріалу. Сьогодні нараховуються сотні рецептур, за якими виготовляється бетон різної щільності, міцності, водонепроникності, і т.д., в залежності від галузі використання та призначення.

На сьогоднішній день бетон є основним матеріалом не тільки для сучасного будівництва споруд, а для радіаційного захисту і створення опірних конструкцій атомних електростанцій і різних ядерних установок (ядерні реактори, прискорювачі частинок, судини і місткості, призначені для зберігання, транспортування, поховання і переробки ядерного палива і радіоактивних відходів), які знайшли широке використання для вирішення різного роду технологічних задач в багатьох галузях народного господарства: радіаційній стерилізації виробів медичного, біологічного, сільськогосподарського профілю, а також для зберігання, транспортування, переробки і поховання ядерного палива і радіоактивних відходів.

Розроблення складу барійвмісного в'язучого матеріалу на основі сполук багатокомпонентних оксидних систем зі стабільними експлуатаційними властивостями в умовах одночасної дії жорсткого радіаційного опромінення та підвищених температур є актуальним [1, 2].

За даними дослідження розроблено склади спеціального бетону, на основі сполук барію, з високими експлуатаційними характеристиками; визначено фізико-механічні та технічні властивості розробленого цементу та бетону на його основі, які можуть бути використані для розробки нових складів захисних високоміцних, радіаційностійких бетонів для будівельних конструкцій об'єктів атомної енергетики і ядерних установок.

					НУЦЗУ.2.15-91.СХ та ХТ РПЗ-09	Лист
						7
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

Розділ 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД

1.1 Класифікація бетонів

Бетони класифікують за такими провідним ознаками: основним призначенням, виду в'язучого речовини і заповнювача і за структурою.

За призначенням бетони бувають наступних видів: конструктивні - для бетонних і залізобетонних несучих конструкцій будівель і споруд (фундаменти, колони, балки, плити, панелі перекриттів і ін); спеціальні - жаростійкі, хімічно стійкі, декоративні, радіаційно-захисні, теплоізоляційні та ін., бетони напружують, бетонополімери, полімер-бетони.

По виду в'язучого речовини бетони бувають: цементні, виготовлені на гідралічних в'язучих речовинах - портланд-цементях і його різновидах; силікатні - на вапняних в'язучих в поєднанні з силікатними або алюмінатними ком-понентами; гіпсові - із застосуванням гипсоангидритових в'язучих і бетони на шлакових і спеціальних в'язучих матеріалах.

По виду заповнювача розрізняють бетони: на щільних заповнювачах, пористих і спеціальних, які задовольняють спеціальним вимогам (захисту від випромінювань, жаростійкості, хімічної стійкості тощо).

Бетони на спеціальних в'язучих (органіческіх ілі неорганічних), до кожного з яких пред'являють певну вимогу, включають в себе бетони на полімерних, фосфатних, магнезіальних в'язучих, бетони на рідкому склі.

По виду заповнювачів розрізняють бетони на щільних, пористих і спеціальних заповнювачах

Бетони на спеціальних заповнювачах виготовляють із застосуванням наповнювачів, які надають їм особливі властивості. У число спеціальних наповнювачів входять, наприклад, рудосодержащіе породи, чавунний скрап, шамот.

Залежно від характеру структури виділяють наступні види бетонів.

					НУЦЗУ.2.15-91.СХ та ХТ РПЗ-09	<i>Лист</i>
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		8

Бетони щільною (зливою) структури, в яких простір між зернами наповнювачів повністю зайнято затверділим в'язучим речовиною. Допустимий обсяг зернових порожнеч в ущільненої бетонної суміші не перевищує 6%.

Великопористі бетони (беспесчаніе або малопіщані), в яких значна частина обсягу зернових порожнеч залишається вільною від дрібним заповнювачем і затверділим в'язучим.

Поризовані бетони, в яких простір між зернами наповнювачів зайнято в'язкою речовиною, поризованим піно-утворюють або газоутворюючих добавками.

Пористі бетони - бетони з штучно створеними осередками-порами, що компонента і пороутворюючих добавки складаються із суміші в'язкої речовини, тонкодисперсного кремнеземистого

Бетони зливої структури застосовують для виготовлення несучих конструкцій, до яких висувають підвищені вимоги по морозостійкості і водонепроникності. Великопористі, поризовані і пористі бетони рекомендується використовувати переважно для виготовлення огорожувальних та теплоізоляційних конструкцій.

Технічні вимоги до основних властивостей бетону - міцності, морозостійкості, водонепроникності, щільності - встановлені в державних стандартах і Сніпах. Крім того, в стандартах на спеціальні бетоци додатково нормують специфічні для даного бетону властивості, наприклад тепловиділення гідротехнічного бетону, стиранисть дорожнього бетону.

1.2 Спеціальні види важких бетонів

Високоміцний бетон міцністю 60...100 МПа отримують на основі цементу високих марок, промитого піску і щебеню міцністю не нижче 100 МПа. Високоміцний бетон готують з низьким В/Ц = 0,3...0,35 (суміші жорсткі або малорухомі) у бетонозмішувачах примусової дії. Для укладання

сумішей і формування виробів використовують інтенсивне ущільнення: вібрування з вантажем, подвійна вібрація та ін Значний ефект у виробництві високоміцних бетонів дають суперпластифікатори.

Високоміцні бетони бувають, як правило, і быстротвер-деючими, однак для досягнення відпускнуї міцності виробів короткі терміни застосовують теплову обробку за режимом. Нові особливо швидкотверднучі цементи дозволяють отримувати вироби з бетону без теплової обробки. Важкий бетон має високу міцність на розтягання, знос і морозостійкість.

Для приготування високоміцного бетону використовують всі кошти, як-то: беруть гранично низьке водоцементне відношення, суперпластифікатори, високоміцний цемент, ретельне перемішування і ущільнення бетонної суміші і строгий догляд за бетоном.

Дрібнозернистий бетон відрізняється великим вмістом цементного каменю, тому його усадка і повзучість трохи вище. Застосовують його при виготовленні тонкостінних, в тому числі армоцементних конструкцій, а також у тих випадках, коли відсутня крупний заповнювач. Властивості дрібнозернистого бетону характеризуються такими самими чинниками, як і звичайного бетону. Однак відсутність крупного заповнювача тягне за собою збільшення водопотребности бетонної суміші, а для отримання равнопрочного бетону і равноподвижной суміші зростає витрата цементу на 20...40% Для скорочення витрати цементу необхідно застосовувати високоякісні піски, пластифікуючі добавки, суперпластифікатори, робити гарне ущільнення суміші. Дрібнозернистий бетон володіє підвищеною міцністю на вигин, гарної водонепроникністю і морозостійкістю.

Кислототривкий бетон одержують на кислототривкої цементі і кислототривких заповнювачах. Зачиняють бетонну суміш розчинним склом в кількості, що забезпечує необхідну рухливість бетонної суміші. Для виготовлення кислотоупорного бетону, володіє стійкістю до дії неорганічних кислот (крім плавикової), застосовують суміш розчинного скла (силікату

натрію) з 15% кремнефтористого натрію на 2 сіф 6, а також пісок кварцевий щебінь з бештаунита, андезиту або кварциту і пилоподібне фракцію (дрібніше 0,15 мм), таку, що готується з кислотостійких матеріалів.

Твердіння кислотоупорного бетону повинно проходити в теплій повітряно-сухому середовищі.

Кислототривкий бетон характеризується міцним зчепленням з сталевую арматурою, стійкістю по відношенню до дії сірчаної, соляної, азотної кислот та ін. (за винятком плавикової), межею міцності при стисненні через 3 діб - 11...12 МПа через 28 діб - 15 МПа. При дії води і слабких кислот кислототривкий бетон поступово руйнується; дії концентрованих кислот цей бетон добре опирається, але паствори лугів легко руйнують його. Кислототривкий бетон використовують для різних конструкцій і облицювання апаратури в хімічній промисловості, замінюючи їм дорогі матеріали: листовий свинець, кислотоупорную кераміку, тесаний камінь.

Жаростійкий бетон здатний зберігати в заданих межах свої фізико-механічні властивості при тривалому впливі високих температур. В залежності від застосованого в'язучого жаростійкі бетони бувають наступних видів: бетони на портландцементі, шлакопортландцементу, на глиноземистом цементі і рідкому склі. Для підвищення стійкості бетону при нагріванні до його складу вводять тонкомолоті добавки з хромітової руди, шамотного бою, магнезитової цегли, андезиту, гранульованого доменного шлаку та ін. Тонкість помелу добавки для бетону на портландцементі повинна бути такою, щоб через сито № 009 проходило не менше 70%, а для бетону на рідкому склі - не менше 50%. В якості дрібного і крупного заповнювача застосовують хроміт, шамот, бій глиняної цегли, базальт, діабаз, андезит і ін. При правильно обраних в'язучих і заповнювачах бетон може тривалий час витримувати, не руйнуючись, дія температури до 1200°C.

Вибір матеріалів проводять залежно від умов і температури його експлуатації.

Жаростійкі бетони на портландцементі і глиноземистом цемент виробляють класу (марки) не менше В20 (250), а на рідкому склі - В 12,5 (150). Бетони на рідкому склі не застосовують в умовах частого впливу води, а на портландцементі - в умовах кислого агресивного середовища.

При приготуванні бетонних сумішей на портландцементі або глиноземистом цементі дотримується така послідовність: у змішувач заливають задану кількість води, при включеному перемішуванні завантажують інші компоненти і перемішують 2...3 хв. При виготовленні газобетону, якому заповнювачі відсутні, після перемішування завантажують водно-алюмінієву суспензію і перемішують додатково 1...2 хв.

Приготування бетонних сумішей на силікат-брили виробляють у шламбассейне, куди завантажують дозовані по масі силікат-брила, тонкомолотую добавку, їдкий натрій і воду. Отриманий шлам перекачують в ванну, підігрівають до 30 - 35°C і подають у змішувач, який при включеному перемішувачем механізмі вводять дозовані по масі заповнювач, водоалюмінієву суспензію і нефеліновий шлам. Суміш перемішують 2 - 3 хв. Для формування виробів з ніздрюватого бетону застосовують металеві форми. В формі суміш витримують 2 - 3 г.

Твердіння виробів на глиноземистом відбувається в цементі протягом 1 діб при температурі 18...20°C і вологості 90...100%, на портландцементі твердіння виробів проходить при температурі 80...90°C і вологість 90...100%, а вироби на силікат-брили твердіють в автоклаві. При приготуванні жаростійких бетонів прагнуть обмежити кількість води і рідкого стек-ла. Осадка конуса повинна бути не більше 2 см, а жорсткість - не менше 10 с.

Бетони на портландцементі різних складів використовуються при односторонньому нагріванні з граничною температурою 1700°C, на глиноземистом цементі і на рідкому склі - до 1400°C.

Декоративні бетони отримують при введенні в бетонну суміш щелоче - і світлостійких пігментів у кількості 8...10 % від маси цементу (охра, мумія, сурик і ін) або застосуванні кольорових цементів. В окремих випадках використовують наповнювачі, що володіють необхідним кольором, наприклад туфи, червоні кварцити, мармур та інші пофарбовані гірські породи. Кольорові бетони використовують для декоративних цілей в будівництві будівель і споруд, при облаштуванні пішохідних переходів, розділових смуг на дорожніх покриттях, паркових доріжок, а також виготовленні елементів міського благоустрою.

Бетон для дорожніх і аеродромних покриттів. Умови роботи дорожнього бетону несприятливі. Він багаторазово піддається зволоження і висихання, заморожування і відтавання, а також впливу транспортних засобів. Основними розрахунковими напругами є напруги від вигину. У зв'язку з цим до дорожнього бетону пред'являють підвищені вимоги до міцності на розтяг при вигині, морозостійкості, зносостійкості і воздухостойкості. Довговічність дорожнього бетону досягається не тільки вибором якісних матеріалів, але і правильної технологією виробництва робіт. Для дорожнього бетону застосовують портландцемент високих марок з органічним вмістом, високоміцні якісні заповнювачі - щебінь з граніту, вапняку, кварцовий пісок і ін. Для збільшення рухливості бетонної суміші застосовують пластифікуючі і воздухововлекающие добавки, іноді і прискорювачі твердіння.

Бетон для захисту від радіоактивного впливу. В якості заповнювачів для такого бетону застосовують матеріали з високою щільністю - барит, магнетит, лимоніт, а також металевий скрап у вигляді чавунного дробу, обрізків арматурного смугового та профільного металу, металевої стружки та ін. Щільність захисних особливо важких бетонів залежить від виду заповнювача і його щільності. Для використання атомної енергії в мирних цілях в нашій країні потрібна надійний захист обслуговуючого персоналу від

радіоактивних впливів ядерних реакторів, атомних електростанцій, підприємств по виробництву та переробці ізотопів та ін. Серед променів ядерного розпаду найбільшу небезпеку для живих організмів представляють і нейтронне випромінювання. Ступінь захисту від останніх визначається товщиною огороження і його щільності.

В якості в'язучих для приготування особливо важких захисних бетонів застосовують портландцементу, шлакопортланд-цементи і глиноземистые цементы. У спеціальних бетонах найбільш ефективним в'язучим може бути така речовина, яка в результаті твердіння приєднує велика кількість води (з метою збільшення в бетоні водню). Таким речовиною є гідросульфогалюмінат кальцію, що утворюється при взаємодії трьохкальцієвого алюмінату, що міститься в портландцементі, з гіпсом. Тому один із видів цементу спеціального призначення містить підвищена кількість трьохкальцієвого алюмінату і гіпсу. Для попередження його можливого самовільного руйнування до нього додають гідравлічні добавки (трепел, діатоміт та ін). Крім портландцементу застосовують також глиноземистые, розширюються і безусадочні цементы. Але останні в'язучі мають високу вартість.

Для поліпшення захисних властивостей гідратних бетонів (таке назву ці бетони отримали через великий зміст у них води) вводять добавки, що підвищують вміст в бетоні водню, карбїду, бору, хлористого літію, сірчанокислого кадмію, і інші добавки, що містять легкі елементи - водень, літій, кадмій і борсодержащие речовини.

1.3. Особливості застосування

Бетон для АЕС проводиться відповідно до вимог декількох технічних документів: ПНАЕ Г-5-006-87 - норми проектування сейсмостійких атомних станцій (радіаційна і ядерна безпека, герметичність споруди, біологічний захист і довговічність), ГОСТ 25192-82 (стандарт по класу міцності і щільності на стиск) [3], СНиП 2.03.01-84 та СНиП 2.03.04-84 (експлуатаційні характеристики і умови роботи бетону при впливі контрастних температур,

					НУЦЗУ.2.15-91.СХ та ХТ РПЗ-09	<i>Лист</i>
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		14

сейсмічних і динамічних навантажень). Армування контролюється цими ж нормативними вимогами, що пред'являються до арматури згідно її класу.

Середня вага 1м³ суміші - 0,5-2,5 тонни, в залежності від обсягу наповнювача. Розрахунок ваги бетону для реакторів здійснюється, виходячи з його щільності - $\rho = 0,5 \text{ т / м}^3$ до $2,5 \text{ т / м}^3$. Вага конструкції з бетону для атомних станцій розраховується так: $1 \text{ м}^3 \text{ розчину} \times \rho$. Вага одиниці об'єму розчину для реакторів необхідно знати, щоб розрахувати міцність опалубки.[4]

Для бетонів, які застосовуються при радіаційного захисту аес, використовують такі наповнювачі, як: граніт, вапняк, лимонит, серпентиніт, брусит, барит, гематит, магнетит і т.д. Для приготування особливо важких бетонів з щільністю $4,5 - 6 \text{ т / м}^3$ додають металеву дріб, сталеву або чавунну січку, скрап, обрізки арматури і металопрокату. Для радіаційної дози, що виходить від бетонної конструкції, в бетон можна вводити бор (3%).

Бетон, який використовується для захисту від випромінювань, готується в бетономішалках примусової дії, компоненти складу можуть відрізнятися в обсязі: пісок - $\pm 2\%$, наповнювачі - $\pm 5\%$. Бетон в захисній споруді укладається пошарово і горизонтально шаром максимальної товщини 15-20 см.

Шари розчину, призначеного для захисту від радіації, ущільнюються вібратором на місці заливки - в опалубці. Будівельні блоки маленького розміру рекомендується виготовляти на вібромайданчику спеціальних формах. В процесі схоплювання бетону для електростанцій необхідно підтримувати постійну вологість - для цього поверхню періодично зволожують.

Монолітні конструкції для електростанцій заливаються прямо в опалубку за допомогою АБС. Конструкції з важких і особливо важких бетонів для захисту від іонізуючих випромінювань рекомендується розташовувати в захисних конструкціях. Для цього в бетонованих об'єкт

укладаються і ущільнюються наповнювачі, розчин подається знизу бетононасосом.

Конструкції, в яких бетон нагрівається до $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ і більше, необхідно попередньо просушувати. Збільшення температури просушування бетону для реакторів при сушінні відбувається на $20\text{-}25\text{ }^{\circ}\text{C}$ / год. Тривалість просушування при $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ - 7 діб, при $250\text{-}300\text{ }^{\circ}\text{C}$ - 4 доби. Сушити бетон слід через тиждень після заливки.

При будівництві АЕС, а також при влаштуванні радіоактивних захоронень, використовується важкий бетон марок М 300 - М 500 - такий бетон забезпечує захист і від нейтронів, і від гамма-променів. Розчини насичують важкими заповнювачами, щоб забезпечити кращий захист - це залізні руди, барит і металобрухт. Важкий бетон обов'язково повинен відрізнятися високою міцністю на стиск; взагалі міцність є основною характеристикою важкого бетону. Велика кількість води при виготовленні такого бетону використовувати не можна, так як через це може знизитися його щільність. Як скорозшивач, в таких бетонах використовується гідросульфатоалюмінат кальцію, захоплюючий при затвердінні бетону більшу частину води, і вміст водню при цьому збільшується. Спеціальні добавки, що збільшують вміст водню в бетонних конструкціях, теж використовуються при виготовленні важких бетонів - це солі літію і борна кислота. Таким чином, можна збільшити захисні властивості таких бетонів, зробивши конструкції з них надійними і довговічними.

1.4.Властивості важких бетонів

Міцність-як і у всіх кам'яних матеріалів, межа міцності бетону при стиску значно (у 10...15 разів) вище, ніж при розтяганні й вигині. Тому в будівельних конструкціях бетон, як правило, працює на стиск. Коли говорять про міцність бетону, мають на увазі його міцність на стиск.

Міцність бетону прийнято оцінювати за середнім арифметичним значенням результатів випробування зразків даного бетону через 28 діб нормального твердіння. Для цього використовують зразки-куби розміром 150 x 150 x 150 мм, виготовлені з робочої бетонної суміші і затверділі при $(20 \pm 2)^\circ \text{З}$ на повітрі при відносній вологості 95 % (чи в інших умовах, що забезпечують збереження вологи в бетоні).

Марка бетону- засереднім арифметичним значенням міцності бетону встановлюють його марку — округлене значення міцності (причому округлення йде завжди в нижню сторону). Для важкого бетону встановлені наступні марки за міцністю на стиск: М 50, М 75, М100, М150, М 200, М 250, М300, М350, М400, М 450, М500, М550, М600, М700 і М 800 (кгс/см²)[5]. Так, відмінна риса бетону — *значна неоднорідність його властивостей*. Це пояснюється мінливістю сировини (піску, великого заповнювача і навіть цементу), порушенням режиму приготування бетонної суміші, її транспортування, укладання (ступеня ущільнення) і умовами твердіння. Усе це призводить до розкиду міцності бетону однієї і тієї ж марки. Чим вище культура виробництва (краще якість підготовки матеріалів, приготування й укладання бетону і т.п.), тим менше будуть коливання міцності бетону. Для будівельника важливо одержати бетон не тільки із заданою середньою міцністю, але і з мінімальними відхиленнями (особливо в нижчу сторону) від цієї міцності. Показником, що враховує можливі коливання якості бетону, є клас бетону.

Клас бетону — це чисельна характеристика якої-небудь його властивості (у тому числі міцності), прийнята з гарантованою забезпеченістю (звичайно 0,95). Це значить, що встановлена класом властивість, наприклад міцність бетону, досягається не менш ніж у 95 випадках з 100.

Поняття «клас бетону» дозволяє призначати міцність бетону з урахуванням її фактичної чи можливої варіації. Чим менше мінливість міцності, тим вище клас бетону при одній і тій же середній міцності.

ДСТУ 26633—85 установлює наступні класи важкого бетону за міцністю на стиск (МПа): В 3,5; В 5; В 7,5; В 10; В 12,5; В 15; В 20; В 25; В 30; В 32,5; В 40; В 45; В 50; В 55 і В 60. Так, у бетону класу В 15 межа міцності при стиску не нижче 15 МПа з гарантованою забезпеченістю 0,95.

Для переходу від класу бетону до середньої міцності можна використовувати формулу

$$R_{cp} = B / 0,778,$$

де В – клас бетону, МПа;

R_{cp} – середня міцність бетону на стиск, МПа.

Повзучість — схильність бетону до росту пластичних деформацій при тривалій дії статичного навантаження. Повзучість бетону також зв'язана з пластичними властивостями цементного гелю і мікротріщиноутворенням. Вона має згасаючий у часі характер. Абсолютні значення повзучості залежать від багатьох факторів. Особливо активно повзучість розвивається, якщо бетон навантажується в свіжовиготовленому вигляді. Повзучість можна оцінювати подвійно: як позитивний процес, що допомагає знижувати напруження, які виникають від термічних і усадочних процесів, і як негативне явище, наприклад, що знижує ефект від попереднього напруження арматури.

Усадка — процес скорочення розмірів бетонних елементів при їхньому перебуванні в повітряно-сухих умовах утрати води. Усадка бетону тим вище, чим більше об'єм цементного тіста в бетоні. У середньому усадка важкого бетону складає 0,3...0,4 мм/м.

Пористість.. Причина її виникнення криється в надлишковій кількості води затворення. Бетонна суміш після правильного укладання

являє собою щільне тіло. При твердінні частина води хімічно зв'язується мінералами цементного клінкера (для портландцементу близько 0,2 від маси цементу), а частина, що залишилася, поступово випаровується, залишаючи після себе пори.

Водопоглинання і проникність. Завдяки капілярно-пористій будові бетон може поглинати вологу як при контакті з нею, так і безпосередньо з повітря. Гігроскопічне вологовбирання у важкому бетоні незначне, але в легких бетонів (особливо в ячеїстих) може досягати відповідно 7..8 і 20..25 %.

Водопоглинення характеризує здатність бетону всмоктувати вологу в краплинно-рідкому стані; воно залежить головним чином від характеру пор. Водопоглинення тим більше, чим більше в бетоні капілярних сполучених між собою пор. Максимальне водопоглинання важких бетонів на щільних заповнювачах досягає 4...8 % за масою (10...20 % за обсягом). У легких і ячеїстих бетонів цей показник значно вище.

Велике водопоглинання негативно позначається на морозостійкості бетону. Для зменшення водопоглинання вдаються до гідрофобізації бетону, а також до влаштування паро- і гідроізоляції конструкцій.

Водопроникність бетону визначається в основному проникністю цементного каменю і контактної зони «цементний камінь — заповнювач»; крім того, шляхами фільтрації рідини через бетон можуть бути мікротріщини в цементному камені і дефекти зчеплення арматури з бетоном. Висока водопроникність бетону може призвести його до швидкого руйнування через корозію цементного каменю.

Для зниження водопроникності необхідно застосовувати заповнювачі належної якості (з чистою поверхнею), а також використовувати спеціальні добавки, що ущільнюють (рідке скло, хлорне залізо) чи цементи що розширюються. Останні використовують для пристрою бетонної гідроізоляції.

За водонепроникністю бетон поділяють на марки W0,2; W0,4; W0,6; W0,8 і W1,2. Марка означає тиск води (МПА), при якому зразок-циліндр висотою 15 см не пропускає воду при стандартних випробуваннях.

Морозостійкість— головний показник, що визначає довговічність бетонних конструкцій у нашому кліматі. Морозостійкість бетону оцінюється шляхом поперемінного заморожування при мінус $(18 \pm 2)^\circ \text{C}$ і відтавання у воді при $(18 + 2)^\circ \text{C}$ попередньо насичених водою зразків випробуваного бетону. Тривалість одного циклу— 5...10 год залежно від розміру зразків.

За марку по морозостійкості приймають найбільше число циклів «заморожування — відтавання», які зразки витримують без зниження міцності на стиск більше 5 % у порівнянні з міцністю контрольних зразків на початку випробувань. Установлено наступні марки бетону за морозостійкістю: F25; F35; F50; F75; F100...F1000.

Теплофізичні властивості.З них найважливішими є теплопровідність, теплоємність і температурні деформації.

Теплопровідність важкого бетону навіть у повітряно-сухому стані велика — близько 1,2...1,5 Вт/(м • $^\circ\text{C}$), тобто в 1,5...2 рази вище, ніж у цегли. Тому використовувати важкий бетон у конструкціях, що огороджують, можна тільки разом з ефективною теплоізоляцією. Легкі бетони ,особливо ячеїсті, мають невисоку теплопровідність 0,1...0,5 Вт/(м • $^\circ\text{C}$) і їхнє застосування в конструкціях, що огороджують, переважніше.

Теплоємність важкого бетону, як і інших кам'яних матеріалів, знаходиться в межах 0,75...0,92Дж/(кг •К); у середньому — 0,84 Дж/(кг •К).

Розділ 2. ХАРАКТЕРИСТИКА СИРОВИННИХ МАТЕРІАЛІВ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Характеристика вихідних сировинних матеріалів.

При дослідженні системи $\text{BaO-Al}_2\text{O}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3$ та розробці технології виробництва барійвмісних цементів використовувалися барій, алюміній і залізовмісні сировинні матеріали.

Для дослідження сполук системи $\text{BaO-Al}_2\text{O}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3$ використовувалася сировинна суміш, що складається з карбонату барію, оксидів заліза, алюмінію, використовувалися реактиви, а для інших досліджень використовувалися природні та технічні матеріали, хімічний склад якого представлений в таблиці 2.1.

Основні вимоги до сировини при виробництві спеціальних цементів обумовлені необхідністю отримання продукту специфічного фазового складу. Тому найважливішою умовою при виборі сировини є максимальний вміст основного оксиду, а також сталість і рівномірність його хімічного складу. Збагачені природні та штучно отримані технічні матеріали відповідають цим вимогам [3].

Основною сировиною для виробництва сполук барію в нашій країні є баритовий концентрат, який перетворюється в розчинну сполуку - сульфід барію або хлорид барію відновним обсмажуванням. Сульфід барію є напівпродуктом для отримання хлориду барію і нітрату. Хлорид барію є сировиною для одержання оксидного гідрату, карбонату і сульфату барію.

Найнижча вартість вуглекислого барію знаходиться на синівськомувському хімічному заводі, оскільки тут використовують маточні розчини для отримання даного продукту [2], хімічний склад якого представлений в табл. 2.1.

Хімічний склад вихідних сировинних матеріалів

Найменування матеріалу	Вміст речовини мас. %								
	BaCO ₃	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	R ₂ O	п.п.п.
Вуглекислий барій технічний	77,10	-	0,22	-	-	-	-	0,20	22,48
Глинозем марки Г-00	-	0,05	0,06	98,46	-	-	-	0,43	1,00
Піритові огарки	-	77,76	13,01	3,82	2,25	0,27	2,89	-	-

Барит є мінералом сульфатного класу BaSO₄. У ньому вміст BaO 65,7 мас. %. В Україні наявність бариту знаходиться в зоні стику Донецького басейну з Приазовським кристалічним масивом, в Нагольному хребті, в Нікітівському рудному полі, в продуктивному шарі вуглецю, в бахмутському басейні і в куполі зона згортання північно-західного краю Донецького басейну.

У зоні зчленування Донецького басейну з Приазовським кристалічним масивом прояви бариту відомі в межах Стельського горсту, в девонських основних ефузивних породах на лівому березі р. Кальміус і у с. Василівка, а також на лівому схилі балки Антон-Тарама і в пісковиках бурого девону.

У Березівському районі, що включає Беганське і Березівське рудні поля (Закарпатська область), хімічний склад баритової руди (розрахунок на суху речовину), мас. %: SiO₂ - 44,80; Al₂O₃ - 6,50; Fe₂O₃ - 1,80; CaO - 0,48; MgO - 0,23; SO₃ - 15,98; BaO - 23,07; Na₂O - 0,28; K₂O - 0,78; ППП - 7,01.

У Волноваському районі Донецької області середній хімічний склад бариту в залежності від дослідженого ділянки, мас. %: BaSO₄ - 58,16 - 92,93; SO₃ - 0,03 - 1,86; SiO₂ - 1,6 - 31,48; CaO - 0,25 - 1,84; MgO - 0,05 - 0,98; Mn -

0,14 - 0,28; Fe₂O₃ - 0,1 - 7,64; R₂O - 0 - 0,36; ППП - 0,05 - 2,64; H₂O - 0,03 - 0,33.

За мінералогічному складу баритові руди можуть бути розділені: а) баритові, зміст BaSO₄ - 80-98; SiO₂ - 0,2-8,0; CaO - 0,2-5,0; Fe₂O₃ - до 2 мас. %;

б) кварцево-баритові, зміст SiO₂ до 55 мас. %;

в) залізисто-кварцево-баритова руда, зміст Fe₂O₃ до 20 мас. %
Перспективні ділянки для розробки родовищ лівий і правий берег річки Мокра Волноваха, зміст бариту 0,200 - 2,541 кг / м³.

У Рахівському районі Закарпатської області - висококонцентровані ореоли бариту.

Зміст бариту в рудах змінюється від 25 - 50 до 90 мас. % і вище. Щільність баритового концентрату - 4000 - 4200 кг / м³ - залежить, в основному, від змісту бариту (його щільність 4300 - 4500 кг / м³).

У цементній промисловості і промисловості будівельних матеріалів застосовується баритовий концентрат низьких марок: КБ-4, КБ-5, КБ-6.

У деяких ядерних установках у нас в країні і за кордоном знайшов застосування бетон на заповнювачах з баритовою руди [9]. Баритові бетони не стійкі при впливі підвищених температур, через наявність в них домішок, їх рекомендують застосовувати при температурі не вище 80 0С. Середня щільність баритових бетонів 3400 - 3700 кг / м³. Вони дуже ефективні для ослаблення гамма - випромінювання низьких енергій.

Глинозем - безводний оксид алюмінію, існуючий в основному в α -, β - і γ - формах. У природних умовах зустрічається тільки гексагональна модифікація Al₂O₃ - α- форма, яка існує у вигляді мінералів - корунду, рубіна, сапфіра. Твердість корунду за шкалою Мооса - 9, щільність залежить від наявності домішок і коливається в межах 3980 - 4010 кг / м³, температура плавлення - 2050 0С [9].

Для отримання жаростійких цементів застосовується технічний глинозем, що містить не більше 2% домішок (SiO_2 , Fe_2O , лугу). Такий показник, як величина втрат при прожарюванні, який передбачається ГОСТом, не є критерієм якості глинозему. У мінералогічному відношенні технічний глинозем характеризується наявністю в основному α - Al_2O_3 (50 – 60 %) і γ - Al_2O_3 (40 – 50 %) [9].

Для синтезу цементів модифікаційний склад глинозему істотного значення не має. Однак, з точки зору прискорення процесу клінкерообразовання, переважно застосовувати γ - Al_2O_3 , що знаходиться в хімічно активній формі [10].

Як природної сировини для отримання глинозему в основному використовується боксити. В Україні є поклади бокситів в Херсонській області (Високопольське родовище). Потужність залягання 6,4 - 7,8 м; запаси +1467 тис. м^3 , спосіб розробки - відкритий, продуктивність кар'єра 4 - 15 тис. м^3 / рік, проектна продуктивність кар'єра - 60 тис. м^3 / рік гірської маси на 25 років.

Хімічний склад суглинку, мас. %: CaO – 5,82 – 8,98; MgO – 1,61–2,37; SiO_2 – 60,1 – 62,9; TiO_2 – 0,85 – 1,03; Al_2O_3 – 11,0 – 12,7; Fe_2O_3 – 3,8 – 5,0; SO_3 – 0,15 – 0,19; ППП – 9,58 – 10,7.

Для приготування важких та особливо важких бетонів найбільш широко використовують наповнювачі із залізних руд.

У бетонах радіаційного захисту в основному використовують наповнювачі з оксидів і гідроксидів заліза.

Магнетит - утворює магнетитових руду або магнетитові залізняк. Щільність магнетиту - 5170 $\text{кг} / \text{м}^3$. Чистий магнетит може містити до 70 мас. % Заліза і ін. Домішки: Si, Mn, Co, Cu, V. Найбільші родовища магнетитів знаходяться в Україні - Кривий Ріг.

Гематит - найважливіший мінерал багатьох залізних руд, оксид тривалентного заліза. Скупчення цього мінералу утворюють гематитові руду

або червоний залізняк. Щільність гематиту 4300 - 5300 кг / м³. Вміст заліза в гематитових рудах може досягати 70 мас. %. Руди містять кремнезем до 10 мас. % Та інші домішки в невеликій кількості, сірка і фосфор практично відсутні. Найбільш якісними є руди Білозерського і Криворізького басейнів (Україна).

В даний час велика увага приділяється створенню нових ресурсозберігаючих технологій на основі техногенної сировини. З цієї точки зору перспективним є використання відходів виробництва сірчаної кислоти - піритових огірків.

2.2. Методи досліджень

Стабільні фази при заданих температурах і тисках визначаються експериментально або за допомогою термодинамічних розрахунків вільної енергії Гіббса відповідних можливих реакцій. В результаті концентраційний трикутник ділиться на так зване «елементарне», що дає можливість розглядати шлях кристалізації (або його протилежний шлях плавлення) заданого складу.

Для синтезу зразків даного фазового складу проводили послідовне подрібнення, формування і випал сировинних сумішей.

Ретельне подрібнення і змішування сировини проводили в лабораторному мокрому фарфоровому стані

(вологість 50%). Тонину подрібнення контролювали методом низькотемпературної адсорбції азоту і ситовим аналізом (повний прохід сита № 008).

Сирі суміші брикетувалися на гідравлічному пресі типу П-125 випробувальної машинної фабрики зі специфічним тиском пресування 60 - 80 МПа.

Брикети обпалювали в кремнієвих і криптольних печах.

Вимірювання температури в зоні горіння проводили за допомогою оптичного пірометра Smotrich - 5P-01 і термопар - PPR.

Повноту синтезу сполук контролювали хімічним аналізом за відсутності вільного оксиду барію [17].

Дослідження фазового складу продуктів горіння сировинних сумішей проводили за допомогою фізико-хімічних методів аналізу: рентгенофазовий (Dron-3M) і петрографічний (поляризаційний мікроскоп NU-2E) [192-195]. Математична обробка даних для побудови діаграм «склад-властивість» з метою оптимізації області в системі $BaO - Al_2O_3 - Fe_2O_3$, а також фракційного складу заповнювача здійснювалася з використанням методу симплекс-решітчастого планування експерименту [18]

Коефіцієнт масового поглинання гама випромінювання визначався відповідно до формули [194]:

$$I = I_0 e^{-\mu \rho x} \quad (2.4.)$$

де I , I_0 – інтенсивність падаючого випромінювання і інтенсивність пройшов через матеріал щільністю ρ і товщиною x ;

μ – коефіцієнт масового поглинання.

Коэффициент массового поглощения постоянный для данного вещества и не зависит от его физического состояния. На основании табличных данных μ простых элементов можно рассчитать μ сложного вещества за формулой [1,2]

$$\mu = \frac{\mu_1 a y_1 + \mu_2 b y_2 + \dots}{a y_1 + b y_2 + \dots} \quad (2.5)$$

де a , b – атомні маси елементів А, В ...;

y – стехіометричний коефіцієнт у формулі речовини Au_1, Bu_2, \dots

Можливість сумування μ простих елементів для розрахунку μ складних речовин пояснюється тим, що гамма - промені, пронизуючи речовина, взаємодіють з електронами внутрішніх оболонок атома, і на їх поглинання не позначаються зовнішні електрони, які беруть участь в хімічних зв'язках.

Фізико-механічні випробування цементу проводилися за методом невеликих зразків М.І. Стрелкова, а оптимальні склади цементу були випробувані у відповідності з ГОСТ 310.1 - 96 - 310.4 - 96.

Технічні властивості розроблених матеріалів визначалися стандартними методами: вогнетривкість - за ГОСТ 40469-89, термостійкість - за ГОСТ 7875 - 93.

Аналіз розглянутих природних і технічних матеріалів, відходів хімічної і металургійної галузей промисловості, а також наведені методи дослідження дозволяють приступити до подальших теоретичних і експериментальних досліджень будови системи $BaO-Al_2O_3-Fe_2O_3$, до розробки ресурсозберігаючої технології отримання спеціальних барійсодержащих цементів на основі композицій системи, що вивчається.

РОЗДІЛ 3. Експериментальна частина

3.1. Розрахунок сировинної суміші

Актуальною проблемою на даний час є розроблення складу барійвмісного в'язучого матеріалу на основі сполук багатокомпонентних оксидних систем зі стабільними експлуатаційними властивостями в умовах одночасної дії жорсткого радіаційного опромінення та підвищених температур [1 - 3].

Літературний огляд будови трикомпонентної системи $BaO - Al_2O_3 - Fe_2O_3$ дозволило визначити область, перспективну з погляду отримання спеціальних в'язучих матеріалів спеціального призначення і встановити принципову можливість отримання алюмобарієвих цементів на основі її композицій. Тому представляє інтерес розробка складів цементів на основі композицій системи $BaO - Al_2O_3 - Fe_2O_3$ і дослідження їх фізико-механічних і технічних властивостей.

Попередньо виконані дослідження багатокомпонентної системи, які довели можливість отримання нових типів високоміцних радіаційностійких в'язучих матеріалів обраній області раціональних складів цементів.

У лабораторних умовах були синтезовані цементи на основі хромітів і алюмінатів барію. Випалення брикетів здійснювалося в криптоловій печі при температурі 1300 – 1320 °С в залежності від фазового складу матеріалу з ізотермічною витримкою при максимальній температурі синтезу протягом 3 годин. Повнота синтезу сполук контролювалася рентгенофазовим методом аналізу.

На основі обраної нами оптимальної області барієвого цементу було обрано перетин $BaAl_2O_4 - Ba_2Fe_2O_5 - BaFe_2O_4$ та задано фазовий склад. Для синтезу барійвмісних цементів на основі сполук системи $BaO - Al_2O_3 - Fe_2O_3$ був розрахований хімічний склад.

Розрахунок сировинної суміші (мас. %):

1. $BaAl_2O_4 = 40\%$:

$$BaO = 40\% \cdot M(BaO)/M(BaAl_2O_4) = 40\% \cdot 153,36/255,32 = 24,03$$

$$Al_2O_3 = 40\% \cdot M(Al_2O_3)/M(BaAl_2O_4) = 40\% \cdot 101,96/255,32 = 15,97$$

2. $Ba_2Fe_2O_5 = 10\%$:

$$BaO = 2 \cdot 10\% \cdot M(BaO)/M(Ba_2Fe_2O_5) = 10\% \cdot 306,72/466,42 = 6,57$$

$$Fe_2O_3 = 10\% \cdot M(Fe_2O_3)/M(Ba_2Fe_2O_5) = 10\% \cdot 159,7/466,42 = 3,44$$

3. $BaFe_2O_4 = 50\%$:

$$BaO = 50\% \cdot M(BaO)/M(BaFe_2O_4) = 50\% \cdot 153,36/313,06 = 24,49$$

$$Fe_2O_3 = 50\% \cdot M(Fe_2O_3)/M(BaFe_2O_4) = 50\% \cdot 159,7/313,06 = 25,50$$

Перетин $BaAl_2O_4 - 40\%$; $Ba_2Fe_2O_5 - 10\%$; $BaFe_2O_4 - 50\%$:

$$BaO = 24,03 + 6,57 + 24,49 = 55,09$$

$$Al_2O_3 = 15,97$$

$$Fe_2O_3 = 3,44 + 25,50 = 28,94$$

Хімічний і фазовий склад вихідних сировинних сумішей представлені в табл. 3.1

У лабораторних умовах були синтезовані цементи на основі сполук системи. У якості вихідних сировинних матеріалів були використані вуглекислий барій технічний, оксид заліза (III) та глинозем марки Г – 00.

Таблиця 3.1

Заданні хімічний та фазовий склад

№ п/п	Хімічний склад, мас. %			Фазовий склад, мас. %		
	BaO	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	BaAl ₂ O ₄	Ba ₂ Fe ₂ O ₅	BaFe ₂ O ₄

1	55,09	28,94	15,97	40	10	50
---	-------	-------	-------	----	----	----

Випалення брикетів здійснювалося в криптоловій печі при температурі 1500 – 1550 °С у залежності від фазового складу матеріалу з ізотермічною витримкою при максимальній температурі синтезу 3 години. Повнота синтезу сполук контролювалася рентгенофазним методом аналізу.

Таким чином, отриманий барієвий цемент та бетон на його основі, до складу якого входять фази $BaAl_2O_4$, $Ba_2Fe_2O_5$, $BaFe_2O_4$, може бути використаний для розробки нових складів захисних високоміцних, радіаційностійких цементів та спеціальних бетонів.

Фізико-механічні властивості спеціальних бетонів.

Визначено фізико-механічні властивості синтезованих складів захисних барійсодержащих цементів нового класу на основі композицій системи $BaO - Al_2O_3 - Fe_2O_3$. Хімічний і фазовий склади синтезованих цементів, а також результати їх фізико-механічних випробувань представлені в табл. 3.2

Як видно з представлених результатів (табл. 7.5 і 7.6) оптимальним складом, що володіють високими характеристиками міцності і коефіцієнтом масового поглинання від гамма-випромінювання є склад в псевдосеченні $BaO - Al_2O_3 - Fe_2O_3$,

Таблица 3.2

Химический и фазовый составы барийсодержащих цементов

№ соста ва	Химический состав, масс. %				Фазовый состав, масс. %					
	BaO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	BA	B ₂ F	B ₂ S	BF	B ₃ A	B ₃ F
1.	55,09	15,97	28,94	-	40	10	-	50	-	-

синтезовані цементи, що включають в свій склад алюмінати барію відносяться до повітряних в'язких матеріалів, а цементи, які не містять алюмінати барію - гідравлічним в'язучим з низьким водоцементним ставленням, є бистросхватуваногося (початок схоплювання від 25 хв до 1 год, кінець схоплювання від 1 ч до 2 ч в залежності від фазового складу), швидкотвердеючими (у віці 1 доби твердіння міцність складів досягає 30 - 50 МПа), високоміцними матеріалами (міцність до 28 діб тверднення досягає 60 - 80 МПа) з високим коефіцієнтом ма ССОВ поглинання гамма-променів - 250 - 290 см² / г. При твердінні в часі до 28 діб спостерігається невелике скидання міцності у складів, що містять алюмінати барію, що можна пояснити переходом гідроалюмінатов барію, що знаходяться в метастабільних станів, в стабільний.

Таблиця 3.3

Физико-механические свойства барийсодержащих цементов

№ состав а	В/Ц	Сроки схватывания, ч-мин		Предел прочности при сжатии МПа, в возрасте, сутки				μ, см ² /г
		начало	конец	1	3	7	28	
1.	0,28	0-55	1-20	20,0	26,0	49,0	47,0	249,5

Таким чином, в результаті теоретичних і експериментальних досліджень синтезовано поліфункціональні барійсодержащіе цементи нового класу на основі композицій багатоконпонентних барійсодержащих систем з високими експлуатаційними характеристиками.

Технологічні параметри синтезу барійсодержащих цементів були визначені в результаті проведених кінетичних досліджень. Однак, для отримання нового класу барійсодержащих цементів з високими характеристиками міцності необхідно було провести оптимізацію

технологічних параметрів і встановити їх вплив на фізико-механічні властивості цементу.

Виготовлені зразки обпікалися з різними ізотермічними витримками при температурах 1250 - 1400 ° С (при виборі температурного інтервалу були взяті до уваги проведені раніше кінетичні дослідження) в залежності від їх фазового складу. Охолодження клінкеру здійснювалося зі швидкістю 150-200 град. / Год. Обпалений клінкер подрібнювали до тонкощі, яка характеризується повним проходом через сито № 008, питома поверхня цементу становила 320 -350 м² / кг. Результати випробувань наведені в табл. 3.3

Таким чином, в результаті проведених досліджень встановлено, що для отримання якісного високоміцного барійсодержащего цементу нового класу з високими експлуатаційними властивостями відповідного фазового складу необхідно враховувати технологічні параметри його синтезу, а саме: для BAFS-клінкеру - температура випалу становить 1350 оС, ізотермічна витримка - 2 години, для BAF-клінкеру - температура випалу становить 1300 0С, ізотермічна витримка - 2 години, для клінкеру - температура випалу становить 1250 0С, изотермич ська витримка - 2 години, для BAS-клінкеру - температура випалу становить 1400 0С, ізотермічна витримка - 3 години.

Як видно з представлених результатів, отримані цементи є високоміцними (міцність при стиску у віці 28 діб тверднення досягає 60 МПа), швидкотужавіючими (початок тужавіння від 20 хв. до 2 годин, кінець – до 3 годин 5 хв.), швидкотверднучими (міцність при стиску у віці 1 доби тверднення досягає 30 МПа) в'язучими матеріалами повітряного тверднення з водоцементним відношенням 0,18 – 0,22. Основні технічні властивості отриманих цементів (температура плавлення понад 1450 °С та коефіцієнт масового поглинання гамма-випромінювання μ понад 249 см²/г) дозволяють отримувати спеціальні радіаційностійкі бетони з підвищеним

ступенем захисту від іонізуючого випромінювання при одночасній дії підвищених температур.

3.2. Розрахунок коефіцієнта масового поглинання для складів цементів. Коефіцієнт масового поглинання постійний для даної речовини і не залежить від його фізичного стану. На підставі табличних даних μ простих елементів можна розрахувати μ складної речовини по формулі [59]:

$$\mu = \frac{\mu_1 a y_1 + \mu_2 b y_2 + \dots}{a y_1 + b y_2 + \dots},$$

де a, b – атомні маси елементів A, B ;

y – стехіометричні коефіцієнти у формулі речовини Ay_1, By_2 .

Можливість підсумовування μ простих елементів для розрахунку μ складних речовин пояснюється тим, що гамма – промені, пронизуючи речовину, взаємодіють з електронами внутрішніх оболонок атома, і на їх поглинання не позначаються зовнішні електрони, що беруть участь в хімічних зв'язках.

Розрахунок коефіцієнту масового поглинання оксидів:

Спочатку розраховуються стехіометричні коефіцієнти для оксидів, які входять до сполук перспективних фаз:

BaO :

$$v(Ba) = \mu(Ba) / \mu(BaO) = 137.36 / 153.36 = 0.9\%$$

$$v(O) = \mu(O) / \mu(BaO) = 16 / 253.36 = 0.1\%$$

Al_2O_3 :

$$v(Al_2) = 2 \cdot \mu(Al) / \mu(Al_2O_3) = 54 / 102 = 0.52\%$$

$$v(O_3) = 3 \cdot \mu(O) / \mu(Al_2O_3) = 48 / 102 = 0.47\%$$

Fe_2O_3 :

$$v(Fe_2) = 2 \cdot \mu(Fe) / \mu(Fe_2O_3) = 104 / 152 = 0.68\%$$

$$v(O_3) = 3 \cdot \mu(O) / \mu(Fe_2O_3) = 48 / 152 = 0.31\%$$

Потім розраховують коефіцієнт масового поглинання оксидів:

$$1) \mu(\text{BaO}) = \mu(\text{Ba}) \cdot v(\text{Ba}) + \mu(\text{O}) \cdot v(\text{O}) = 359 \cdot 0.9 + 12.7 \cdot 0.1 = 324.4 \text{ см}^2/\text{г}.$$

$$2) \mu(\text{Al}_2\text{O}_3) = \mu(\text{Al}_2) \cdot v(\text{Al}_2) + \mu(\text{O}_3) \cdot v(\text{O}_3) = 48.7 \cdot 0.52 + 12.7 \cdot 0.47 = 31.293 \text{ см}^2/\text{г}.$$

$$3) \mu(\text{Fe}_2\text{O}_3) = \mu(\text{Fe}_2) \cdot v(\text{Fe}_2) + \mu(\text{O}_3) \cdot v(\text{O}_3) = 259 \cdot 0.68 + 12.7 \cdot 0.31 = 180.057 \text{ см}^2/\text{г}.$$

Далі по відомим оксидів розраховують коефіцієнту масового поглинання перспективних сполук системи обраного перетену:

Розраховуються стехіометричні коефіцієнти для складних сполук BaAl_2O_4 , $\text{Ba}_2\text{Fe}_2\text{O}_5$, BaFe_2O_4 , які входять до перспективної фази:

BaAl_2O_4 :

$$v(\text{BaO}) = M(\text{BaO})/M(\text{BaAl}_2\text{O}_4) = 153.36/255.32 = 0.6\%$$

$$v(\text{Al}_2\text{O}_3) = M(\text{Al}_2\text{O}_3)/M(\text{BaAl}_2\text{O}_4) = 101.96/255.32 = 0.39\%$$

$\text{Ba}_2\text{Fe}_2\text{O}_5$:

$$v(\text{BaO}) = 2 \cdot M(\text{BaO})/M(\text{Ba}_2\text{Fe}_2\text{O}_5) = 306.72/466.42 = 0.66\%$$

$$v(\text{Fe}_2\text{O}_3) = M(\text{Fe}_2\text{O}_3)/M(\text{Ba}_2\text{Fe}_2\text{O}_5) = 159.7/466.42 = 0.34\%$$

BaFe_2O_4 :

$$v(\text{BaO}) = M(\text{BaO})/M(\text{BaFe}_2\text{O}_4) = 153.36/313.06 = 0.49\%$$

$$v(\text{Fe}_2\text{O}_3) = M(\text{Fe}_2\text{O}_3)/M(\text{BaFe}_2\text{O}_4) = 159.7/313.06 = 0.5\%$$

Розрахунок коефіцієнту масового поглинання перспективних фаз:

$$1) \mu(\text{BaAl}_2\text{O}_4) = \mu(\text{BaO}) \cdot v(\text{BaO}) + \mu(\text{Al}_2\text{O}_3) \cdot v(\text{Al}_2\text{O}_3)$$

$$\mu(\text{BaAl}_2\text{O}_4) = 324.4 \cdot 0.6 + 31.293 \cdot 0.39 = 206.84 \text{ см}^2/\text{г};$$

$$2) \mu(\text{Ba}_2\text{Fe}_2\text{O}_5) = \mu(\text{BaO}) \cdot v(\text{BaO}) + \mu(\text{Fe}_2\text{O}_3) \cdot v(\text{Fe}_2\text{O}_3)$$

$$\mu(\text{Ba}_2\text{Fe}_2\text{O}_5) = 324.4 \cdot 0.66 + 180.057 \cdot 0.34 = 275.32 \text{ см}^2/\text{г};$$

$$3) \mu(\text{BaFe}_2\text{O}_4) = \mu(\text{BaO}) \cdot v(\text{BaO}) + \mu(\text{Fe}_2\text{O}_3) \cdot v(\text{Fe}_2\text{O}_3)$$

$$\mu(\text{BaFe}_2\text{O}_4) = 324.4 \cdot 0.43 + 180.057 \cdot 0.5 = 229.52 \text{ см}^2/\text{г};$$

Коефіцієнт масового поглинання для обраного складу BaAl_2O_4 – 40 мас.%, $\text{Ba}_2\text{Fe}_2\text{O}_5$ - 10 мас.%, BaFe_2O_4 - 50 мас.% за загальною формулою:

$$\mu = \mu(\text{BaO})_n \cdot v(\text{BaO})_n + \mu(\text{Al}_2\text{O}_3)_n \cdot v(\text{Al}_2\text{O}_3)_n + \mu(\text{Fe}_2\text{O}_3)_n \cdot v(\text{Fe}_2\text{O}_3)_n;$$

$$\mu = 206.84 \cdot 0.4 + 275.32 \cdot 0.1 + 229.52 \cdot 0.5 = 225.028 \text{ см}^2/\text{Г};$$

Розраховано коефіцієнт масового поглинання на підставі табличних даних μ простих елементів та розрахованих μ складних речовин для перспективного складу BaAl_2O_4 – 40 мас.%, $\text{Ba}_2\text{Fe}_2\text{O}_5$ - 10 мас.%, BaFe_2O_4 - 50 мас.% обраної системи $\text{BaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Fe}_2\text{O}_3$

3.3. Оптимізація складів радіаційностійкого бетону.

З метою отримання радіаційностійкого бетону високої міцності, щільності і однорідності, що забезпечує необхідну експлуатаційну надійність конструкційним виробам, проведений підбір оптимального компонентного складу заповнювача, що чинить значний вплив на перераховані параметри.

Оптимізація кількісного співвідношення компонентів заповнювача для спеціального бетону проводилась із залученням симплекс-ґратчастого методу планування експерименту [2]. Для опису залежності захисних властивостей композиції від якісного та кількісного співвідношення компонентів використовували поліном неповного третього порядку. Розраховано вихідні захисні дані обраних видів заповнювача (бариту, хромітового концентрату та піритних огарків) для отримання захисного бетону. Матриця планування експерименту наведена в табл. 3. 4

Таблиця 3.4

Матриця планування експерименту

	Компоненти композиції, мас. %			Коефіцієнт масового поглинання μ , $\text{см}^2/\text{Г}$
	Піритні огарки	Хромітовий концентрат	Барит	
	100	0	0	236,7

	0	100	0	324
	0	0	100	223,5
	50	50	0	280,35
	50	0	50	230,1
	0	50	50	273,75
	33	33	33	258,78

На основі експериментальних даних отримані рівняння регресії залежності коефіцієнт масового поглинання гамма-випромінювання (μ) від складу заповнювача, яке має вигляд:

$$Y_{\mu} = 238,84x + 324y + 223,8z - 4,28xy - 4,88xz - 0,6yz - 63,42xyz,$$

де x, y, z – кількість (мас.%), бариту, піритних огарків та хромітового концентрату, відповідно.

Рівняння регресії розраховувались за допомогою ЕОМ з кроком варіювання 10 мас. % . Адекватність коефіцієнтів рівняння перевірялась за допомогою критерію Ст'юдента і постановкою додаткових контрольних експериментів [7]. За результатами виконаних розрахунків та математичної обробки результатів експерименту побудовано симплекс – діаграму залежності «склад заповнювача – коефіцієнт масового поглинання гамма-випромінювання» і проєкції ліній рівного значення для композицій (рис. 3.)

Виявлена оптимальна область співвідношення складових частин заповнювача і встановлено, що для отримання радіаційностійкого бетону високої міцності, щільності і однорідності до складу повинен входити трифазний заповнювач з наступним вмістом його складових: 10 мас. % бариту, 10-20 мас. % піритних огарків та 70-80 мас. % хромітового концентрату.

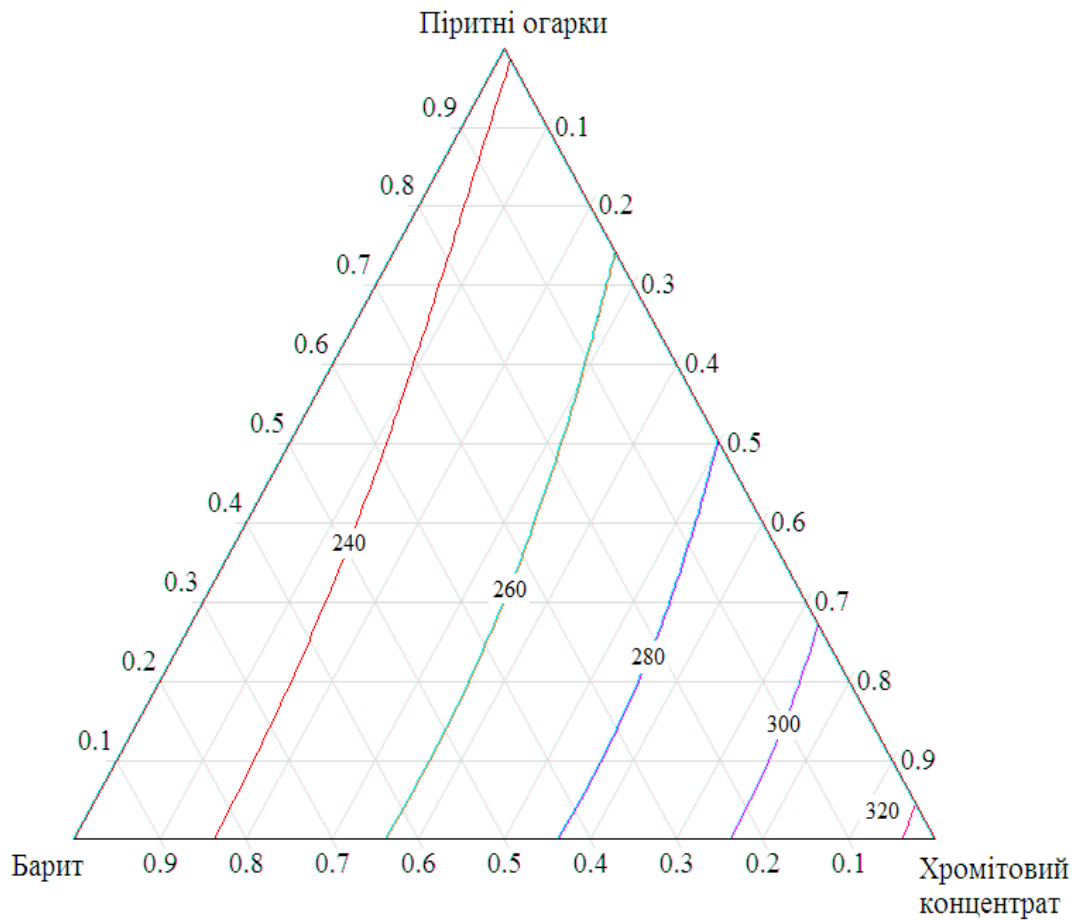


Рис. 3 – Симплекс-діаграма залежності «склад заповнювача - коефіцієнт масового поглинання гамма-випромінювання» та проекції ліній рівного значення для бетону на основі барійхромвмісного цемент

3.6. Дослідження фізико-механічних властивостей бетонів на основі сполук барію

Результати дослідження фізико-механічних властивостей спеціального бетону на основі цементу оптимального складу представлені в табл. 3.5.

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

Фізико-механічні властивості спеціального бетону оптимального
складу

Вид цементу	Вид заповнювача	Межа міцності при стиску, МПа, у віці		Пористість, %	Об'ємна вага, кг/м ³
		7 діб	28 діб		
Барійвмісний	Суміш бариту, піритних огарків та сталевих стружок	56,0	58,0	19,0	4540

Проведені дослідження показали, що на основі барійвмісного цементу можна одержувати високоміцні спеціальні бетони з підвищеною об'ємною вагою (2800 – 4500 кг/м³), використовуючи як традиційні природні, так і синтетичні заповнювачі, у тому числі техногенну сировину. Використання технічної сировини (залізвмісний технічних матеріал – піритні огарки) дозволить значно знизити вартість отриманих спеціальних матеріалів та вирішить екологічні аспекти розроблення важких бетонів.

За результатами досліджень, оптимізовано склад та одержані спеціальні бетони з високими фізико-механічними і захисними показниками, які у 1,5 – 2 рази вищі, ніж у бетонів на основі кальційвмісних цементів [8].

3.7. Висновки.

В ході проведених теоретичних розрахунків та експериментальних досліджень вирішені наступні завдання:

- розроблено та оптимізовано склад спеціального барійхромвмісного радіаційностійкого цементу (міцність при стиску у віці 28 діб тверднення досягає 60 МПа; водоцементне відношення 0,18 – 0,22; температура

плавлення понад 1450 °С та коефіцієнт масового поглинання гамма-випромінювання μ понад 240 см²/г) ;

- обрано оптимальну область співвідношення складових частин трифазного заповнювача для отримання бетону на основі розробленого цементу (10 мас. % бариту, 10-20 мас. % піритних огарків та 70-80 мас. % хромітового концентрату);

- отримано склад важкого бетону з високими фізико-механічними та захисними показниками (міцність при стиску у віці 28 діб тверднення досягає близько 60 МПа; пористість 19 %; об'ємна вага 4540 кг/м³; коефіцієнт масового поглинання гамма-випромінювання понад 300 см²/г).

Розроблені бетони можуть бути рекомендовані до використання при виробництві бетонних контейнерів для утилізації та довгострокового зберігання твердих радіоактивних відходів з тривалим термічним навантаженням без додаткової необхідності ретельного сортування відходів.

Розділ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Загальна характеристика умов здійснення дослідження.

Охорона праці- це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних і лікувально-профілактичних заходів і засобів, спрямованих на збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці. В поняття охорони праці входять і всі ті заходи, що спеціально призначені для створення особливих полегшених умов праці жінок і неповнолітніх, а також працівників зі зниженою працездатністю.

4.1.1 Технологічні процеси виробництв та дослідження в хімічних лабораторіях часто виявляються вибухо- та пожежебезпечними, протікають під високими температурами та тиском, речовини та супутні продукти, попадаючи в робочу зону, можуть бути шкідливими та високотоксичними. Тому необхідно виконати аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів при реалізації технологічного процесу або при проведенні експериментальних досліджень, визначити та обґрунтувати міри та прилади для захисту персоналу, що забезпечують безпечні та нешкідливі умови та високу продуктивність праці.

4.1.2 Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів при проведенні експериментальних досліджень наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1

Перелік шкідливих та небезпечних виробничих чинників та їх джерела

Небезпечний (шкідливий) виробничий чинник ГОСТ 12.0.003-74*[61]	Нормативно-технічний документ, що регламентує вимоги безпеки	Джерело виникнення
1	2	3

Висока електрична напруга (220, 380 В)	ПУЕ-87 [25] ГОСТ 12.1.030-81* [26]	Щит управління, млин, сушиль-на шафа
Запиленість	ГОСТ 12.1.005-88 [27] ГОСТ 12.1.007-76* [28]	Завантаження млинів
Шум	ГОСТ 12.1.003-83* [29] ДСН 3.3.6.037-99 [30]	Кульовий млин, вентиляція
Вібрація	ДСТУ 12.1.012:2008 [31] ДСН 3.3.6.039-99 [32]	Кульовий млин, вентиляція
Несприятливий мікроклімат (підвищена температура поверхні обладнання та матеріалів)	ГОСТ 12.1.005-88 [33] ДСН 3.3.6.042-99 [34]	Сушильна шафа, криптолова піч
Статична електрика	НПАОП 00.0-1.29-97 [35] ГОСТ 12.1.018-93 [36]	Млини, підготовлення мас

4.1.3 Токсикологічна характеристика речовин та матеріалів при проведенні експериментальних досліджень наведена в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2

Характеристика речовин та матеріалів [60]

Найменування речовини (матеріалу, продукту)	Клас небезпеки ГОСТ 12.1.007-76* [50]	ГДК у повітрі робочої зони, мг/м ³ ГОСТ 12.1.005-88 [69]	Характер дії речовини на організм людини	Перша допомога, заходи безпеки

Al ₂ O ₃ (глинозем)	4	6	Алюміноз, поразка легень, подразнення верхніх дихальних шляхів, катаракти ВДШ, пневмосклероз неврит слухового нерву, подразнення очей та шкіри	Протипилеві респіратори ШБ-1, „Пелюстка”, захист шкіри та очей за допомогою спецодягу та захисних окулярів, використання вентиляції.
BaC O ₃	4	6	Силікоз, поразка легень, подразнення верхніх дихальних шляхів, пневмосклероз, катаракти ВДШ, подразнення очей та шкіри	Протипилеві респіратори ШБ – 1, „Пелюсток”, захист шкіри та очей за допомогою спецодягу та захисних окулярів, використання вентиляції. Мілкі травми обробляють спиртом, бензином, покривають пов'язкою
Fe ₂ O ₃	3	3	Феррити барію роздратовує слизисту оболонку, визиває опіки очей, на шкірі стовщення та з'язвлення	Протигаз марки БКФ, респіратори типу «Айстра», «Пелюсток», захист шкіри та очей за допомогою спецодягу та захисних окулярів, використання вентиляції. Після роботи теплий душ.

4.1.4 Характеристика пожежовибухонебезпечних властивостей речовин не наведена тому, що горючі речовини та матеріали не застосовуються.

4.1.5 Згідно до НАПБ Б.03.002-2007 [38], приміщення лабораторії по вибухопожежній та пожежній безпеці відноситься до категорії В. Ступінь вогнестійкості лабораторії, згідно до ДБН В.1.1.-7-02 [33] – III. Клас зон, згідно НПАОП 40.1-1.32-01 [36], – П-II, П-Па. Згідно ПУЕ-87 [35], приміщення лабораторії за ступенем безпеки ураження людей електричним струмом відноситься до приміщень з підвищеною безпекою, так як є можливість одночасного доторкання до металоконструкцій, що

мають з'єднання з землею, з технологічним апаратом і т. д., з одного боку, та до неметалічного корпусу електрообладнання, з другого боку. Термічне відділення відноситься до особливо небезпечних, так як крім вище сказаного фактору температура повітря в приміщенні підвищена.

Площа і об'єм дорівнює відповідно 5 м^2 і $17,5 \text{ м}^3$ на чоловіка, що відповідає санітарним нормам: $S > 4,5 \text{ м}^2$, $V=15 \text{ м}^3/\text{чол.}$, згідно ДНАОП 0.03-3.01-71 [36].

4.2 Промислова санітарія

4.2.1 Метеорологічні умови повинні бути вибрані у відповідності з вимогами ГОСТ 12.1.005-88 [37] та ДСН 3.3.6.042-99 [38] з врахуванням категорії робіт по енерговитратам при виконанні експериментальних досліджень та пори року. Дані приведені у вигляді табл. 3.3.

Таблиця 3.3

Допустимі та оптимальні параметри метеорологічних умов

Категорія робіт по енергозатратам	Період року	Температура, °C		Відносна вологість, %, не більше		Швидкість руху повітря, м/с, не більше	
		д	о	д	о	д	о
		опустима	птимальна	опустима	птимальна	опустима	птимальна
Середньої важкості, Пб	холодний	1 5-21	1 8-20	7 5	4 0-60	0 ,4	0 ,2
	теплий	1 6-27	2 1-23	6 5, при 26°C	4 0-60	0 ,2-0,5	0 ,3

Для забезпечення нормалізації параметрів мікроклімату в лабораторії передбачені наступні заходи:

- герметизація обладнання (кульовий млин, гідравлічний прес);
- теплоізоляція печі;

— згідно до СНиП 204.05-91* [56] – вентиляція та опалювання в холодний період року.

4.2.2 Характеристика виробничого освітлення приведена в табл. 4.4 (ДБН В.2.5 - 28 - 2006 [58]).

Таблиця 4.4

Характеристика виробничого освітлення

Характеристика зорової роботи	Розряд і підрозряд зорової роботи	Характеристика фону	Контраст між об'єктом і фоном	Природне освітлення		Штучне освітлення		Джерело світла і типи світильників
				Вид	%	вид	min, ЛК	
Середньої точності	IVг	Світлий	Великий	Біо-ве, односторонні	,5	Загальне або комбіноване	50 00	Люмінесцентна лампа ЛД 40 - 4, світильник ЛСП 01 2*40

Так як приміщення лабораторії знаходиться у IV поясі світлового клімату, то

$$e_{IV} = e_n \cdot m \cdot N,$$

де m – коефіцієнт світового клімату. Дорівнює 0,9 (вікна на рівні);

N – номер групи забезпеченості природним світлом (табл. 3. 4)

$$e_2 = 1,5 \cdot 0,9 = 1,35 \%$$

4.2.3 У приміщенні передбачене застосування природної і штучної вентиляції – загальнообмінна приточно-витяжна і місцева витяжна вентиляція. У якості місцевої витяжної вентиляції передбачені витяжні шафи.

Вентиляційна установка розташована в коридорі біля лабораторії. Вона здійснює видалення виробничої шкідливості від технологічного обладнання лабораторії.

4.2.4 У приміщенні лабораторії центральне водяне опалювання. Метеорологічні умови відповідають санітарно-гігієнічним вимогам ГОСТ 12.1.005-88 [38], ДСН 3.3.6.042-99 [44].

4.2.5 У лабораторії встановлене технологічне обладнання, що не викликає при експлуатації механічних коливань і принцип роботи якого заснований на ненаголошених процесах. Шумовий фон і вібрації відповідають санітарно-гігієнічним вимогам ДСТУ 12.1.012:2008 [42], ДСН 3.3.6.037-99 [56], ДСН 3.3.6.039-99 [41].

4.2.6 Характер водопроводу: об'єднаний (виробничий, пожежний, господарчо-побутовий). Джерела постачання води – міський водопровід. Вид каналізації – об'єднана (господарчо-побутова, виробнича).

4.3 Заходи безпеки

4.3.1 Безпека обслуговування обладнання

При виконанні НДР було використане наступне обладнання: піч МП-2У, сушильна шафа, кульовий млин, прес гідравлічний.

При роботі на млинових станках застосовуються переносні сіточні захисні огорожі. У робочій зоні преса знаходиться захисний щиток. Як захист також використовується кінцевий автоматичний вимикач регулювальника тиску, який при перевищенні максимального навантаження автоматично відключає подачу енергії.

4.3.2 Електробезпека

У лабораторіях застосовуються сушильні шафи, млинові станки, печі. Характеристика споживаної електроенергії: струм змінний, частотою 50 Гц, напруга 380, 220 В, режим нейтрал мереж – з ізольованою нейтраллю. Приміщення лабораторії, згідно ПУЕ – 87 [45] по мірі небезпеки поразки

людей електричним струмом, відноситься до приміщення з підвищеною небезпекою, так як можливість одночасного дотику до металоконструкцій будівлі корпусів і механізмів. Термічне віддалення – до особливо небезпечних, так як крім вищезазначеного фактора, температура повітря в приміщенні підвищена. Характеристики споживаної електроенергії джерела електротравматизму приведені в таблиці 3.5.

Таблиця 4.5

Характеристика споживаної електроенергії джерела електротравматизму

Джерело травматизму	Напряг, В	Род струму	Частота, Гц	Схема мережі
Піч МП-2У	220	Змінний	50	Мережа трьохфазна ізольованою нейтраллю
Сушильна шафа	220	Змінний	50	

Заходи, щодо захисту працюючих в лабораторії від поразки електричним струмом:

- 1) занулення (сушильна шафа, піч МП-2У);
- 2) ізоляція токоведучих частин, контроль, захисне заземлення печі;
- 3) застосування малих напруг (до 12, 36 В);
- 4) охолодження млинових станків;
- 5) у приміщенні не дозволяється захаращувати проходи до обладнання, електроустановок сторонніми предметами;
- 6) автоматичне відключення (магнітний пускатель);
- 7) електрозахисні заходи: ізолюючі підставки, гумові діелектричні рукавички, гумові килими.

4.4. Режим особистої безпеки

Кошти індивідуального захисту видаються відповідно до норм згідно ГОСТ 12.4.011-89 [40]. Для працівників лабораторії необхідні заходи

індивідуального захисту: спецодяг (халат), разові рукавички, респіратор типу ШБ-1 "Пелюстка", взуття, захисні окуляри.

При надходженні на роботу згідно НПАОП 0.00-412-2005 [43] проводиться ввідний інструктаж у відділі охорони праці університету, інженером з охорони праці. У лабораторії первинний інструктаж проводиться керівником робіт, повторний раз в півроку. Інструктаж проводиться з метою підвищення знань норм правил з охорони праці. Позаплановий інструктаж проводиться в тому випадку, якщо в лабораторії стався нещасний випадок або встановлюється нове обладнання або використовуються нові способи отримання виробів або нові сировинні матеріали.

До пільг, що отримуються працівниками лабораторії в зв'язку з шкідливістю роботи, відносяться надбавки до зарплати (до 10%), спецхарчування (молоко), медичне обслуговування.

4.5. Висновки до розділу: приведені вище заходи дозволяють забезпечити безпечні та нешкідливі умови праці у лабораторії при проведенні дипломної роботи.

					НУЦЗУ.2.15-91.СХ та ХТ РПЗ-09	Лист
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		47

Висновки

Проведені дослідження показали, що на основі барійвмісного цементу можна одержувати високоміцні спеціальні бетони з підвищеною об'ємною вагою (2800 – 4500 кг/м³), використовуючи як традиційні природні, так і синтетичні заповнювачі, у тому числі техногенну сировину. Використання технічної сировини (залізвмісний технічних матеріал – піритні огарки) дозволить значно знизить вартість отриманих спеціальних матеріалів та вирішити екологічні аспекти розроблення важких бетонів.

За результатами досліджень, оптимізовано склад та одержані спеціальні бетони з високими фізико-механічними і захисними показниками, які у 1,5 – 2 рази вищі, ніж у бетонів на основі кальційвмісних цементів.

В ході проведених теоретичних розрахунків та експериментальних досліджень вирішені наступні завдання:

- розроблено та оптимізовано склад спеціального барійхромвмісного радіаційностійкого цементу (міцність при стиску у віці 28 діб тверднення досягає 60 МПа; водоцементне відношення 0,18 – 0,22; температура плавлення понад 1450 °С та коефіцієнт масового поглинання гамма-випромінювання μ понад 240 см²/Г);

- обрано оптимальну область співвідношення складових частин трифазного заповнювача для отримання бетону на основі розробленого цементу (10 мас. % бариту, 10-20 мас. % піритних огарків та 70-80 мас. % хромітового концентрату);

- отримано склад важкого бетону з високими фізико-механічними та захисними показниками (міцність при стиску у віці 28 діб тверднення досягає близько 60 МПа; пористість 19 %; об'ємна вага 4540 кг/м³; коефіцієнт масового поглинання гамма-випромінювання понад 249 см²/Г).

Розроблені бетони можуть бути рекомендовані до використання при виробництві бетонних контейнерів для утилізації та довгострокового

зберігання твердих радіоактивних відходів з тривалим термічним навантаженням без додаткової необхідності ретельного сортування відходів.

					НУЦЗУ.2.15-91.СХ та ХТ РПЗ-09	<i>Лист</i>
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		49

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Корогодская А.Н. Исследование физико-механических и технических свойств огнеупорных бетонов на основе алюмохромитных цементов / Корогодская А.Н., Шабанова Г.Н., Христин Е.В. // Технология и применение огнеупоров и технической керамики в промышленности: междунар. науч.-техн. конф., 11-12 мая 2016 г.: тезисы докл. – Харьков, 2016. – С. 20 - 22.
2. Шабанова Г.М. В'язучі матеріали. Практикум / Г.М. Шабанова, А.М. Корогодська, О.В. Христин. – Харків: НТУ «ХП», 2014. – 220 с.
3. ГОСТ 25192-82 Бетоны. Классификация и общие технические требования.
4. http://montagnik.com/bydivnuztvo/515-beton.html#_utmz=1_1=1
5. ГОСТ 26633-2012 Бетоны тяжелые и их марки.
6. ДСТУ Б В.2.7-221:2009 БЕТОНИ КЛАСИФІКАЦІЯ І ЗАГАЛЬНІ ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ
7. <http://bibliograph.com.ua/spravochnik-70/39.htm>
8. ГОСТ 10178-95 Портландцемент и шлакопортландцемент. Технические условия.
9. 80
10. 179,180
11. ГОСТ 8267-93 Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия.
12. ГОСТ 8736-93 Песок для строительных работ. Технические условия.
13. ГОСТ 23732-79 Вода для бетонов и растворов. Технические условия.
14. ГОСТ 24211-91 Добавки для бетонов. Общие технические условия.
15. Баженов Ю.М. Технология бетона: Учебник / Ю.М. Баженов - М.: Изд - во АСВ - 2003 - 500 с. 7. Баженов Ю.М., Комар А.Г. Технология бетонных и железобетонных изделий: Учебник для вузов. - М.: Стройиздат, 1984. - 476 с.
16. Коледин В.В. Проектирование предприятий сборного железобетона: Учеб. пособие / Коледин В.В. - Новосибирск: НГАСУ. 1998. - 100 с.
17. Коледин В.В. Сырьевая база и производственная структура предприятий строительной индустрии Сибири и Дальнего Востока: Учебное пособие. - Новосибирск: НГАС, 1996.
18. Оглоблина Е.А. Расчет состава бетона различных видов / Е.А. Оглоблина, Магнитогор

19. ДСТУ 26633—85 установлює наступні класи важкого бетону за міцністю на стиск
20. 118
21. **181**
22. 117
23. 191
24. 192-195
25. 196
26. ПУЭ-87. Правила устройства электроустановок. – М.: Энергоатомиздат., 1987. – 648 с.
27. ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. – Введен 01.01.89.
- 28.. ГОСТ 12.1.003-83* ССБТ. Шум. Общие требования безопасности. – Введен 01.07.89.
29. ДСТУ 12.1.012:2008. Вибрационная безопасность Общие требования. – Введен 01.01.2009.
30. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничого приміщення. – К. 2000.
31. ГОСТ 12.1.007-76*. ССБТ. Вредные вещества. Классификация. Общие требования безопасности. – Введен 01.01.78.
32. НАПБ Б.03.002-2007. Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною і пожежною небезпекою. – Діє з 01.01.2008.
33. ДБН В.1.1.-7-2002. Пожежна безпека об'єктів будівництва. – Діє з 01.01.2003.
34. НПАОП 40.1-1.32-01. Правила будови електроустановок. Электрообладнання специальных установок. – Діє з 01.01.2002
35. ДБН В.2.5-28-2006. Природне та штучне освітлення. – К: М.нбуд, 2006.
36. Справочник по технике безопасности. /Сост. П.А. Долин./ – М.:

- Енергоатомиздат., 1984. – 824 с.
37. ДСН 3.3.6.039-99. Санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. - К. 1999.
 38. ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку ті інфразвуку. - К. 1999.
 39. НПАОП 0.00-1.29-97. Правила захисту від статичної електрики. – Діє з 01.01.98.
 40. ГОСТ 12.1.018-93. ССБТ. Пожаровзривобезопасность статического электричества. Общие технические требования. – Введен 01.01.94.
 41. ГОСТ 12.1.004-91*. ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования. – Введен 01.07.95.
 42. НАПБ А. 01.001 – 2004. Правила пожежної безпеки в Україні. – Діє з 01.01.2005.
 - 43.66. СНиП 2.04.05-91* У. Отопление, вентиляция и кондиционирование. – М: Стройиздат., 1992.
 44. ДНАОП 0.03 – 3.01 – 71. Санітарні норми проектування промислових підприємств. – Діє з 01.01.72.
 45. ГОСТ 12.4.011-89. ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования. Классификация. – Введ. 01.01.90.
 46. НПАОП 0.00-4.12-2005. Типові положення про порядок проведення навчання та перевірка занять з питань охорони праці. – Діє з 01.01.2006