

Міністерство освіти і науки України
Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника

Факультет природничих наук

Кафедра хімії

ДИПЛОМНА РОБОТА

на здобуття першого рівня вищої освіти (бакалавра)

на тему:

Покращення характеристик карбамідо-формальдегідного пінопласту

Роботу виконала:

Студентка групи Х-41

Соломія Гивель

Науковий керівник:

д.т.н. Курта С.А. ,

професор кафедри хімії

Рецензент доцент кафедри хімії :

к.т.н. Федорченко С.В.

Івано-Франківськ - 2023

ТЕЗИ

Гивель Соломія, Покращення характеристик карбамідо-формальдегідного пінопласту. Курсова робота на здобуття освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавра за спеціальністю 102 «Хімія». Івано-Франківськ 2023 р. -49 с.

У представленій роботі було удосконалено синтез і приготування карбамідо-формальдегідного пінопласту, та покращені характеристики КФП, зі зменшенням виділення вмісту вільного газоподібного формальдегіду і об'ємної усадки в карбамідо-формальдегідному теплоізоляйному матеріалі-марки «пінопалст» -КФП. Це завдання було реалізовано шляхом синтезу КФП з хімічними акцепторами газоподібного формальдегіду в технологічному процесі виготовлення пінопласту. Додатково було проведено ряд дослідів з додаванням різних піноутворючів до КФП для зменшення лінійної та об'ємної усадки-зменшення розмірів зразка зформованого та висушеного пінопласту. В роботі описані особливості технології хімічного і механічного вспінання карбамідо-формальдегідних смол та властивості КФП пінопласту, шляхом використання спеціальних акцепторів та вспінювачів. В експериментальній частині за допомогою спеціального автоматичного аналізатора газоподібного формальдегіду МІС-98170 було визначено кількісний вміст та дифузію газоподібного формальдегіду з пінопласту, до і після введення спеціальних хімічних акцепторів формальдегіду, які вступають з ним у взаємодію і нейтралізують його токсичну дію. В результаті проведених досліджень вибрано найбільш оптимальні, екологічні акцептори газоподібного формальдегіду та підвспінювачі, що зменшують емісію вільного газоподібного формальдегіду та його концентрацію в робочій зоні і знижують усадку пінопласту та розтріскування пінопласту після сушки, а також підібрані оптимальні захисні лакофарбові покриття для захисту і зменшення водо- і вологопоглинання готового КФС пінопласту.

Givel Solomiya. Improving the characteristics of urea-formaldehyde foam. Course work for obtaining a bakalavr degree in specialty 102 "Chemistry". Ivano-Frankivsk 2023 -49p. In the presented work, the synthesis and preparation of urea-formaldehyde foam was improved, and the characteristics of KFP were improved, with a decrease in the release of free gaseous formaldehyde and volume shrinkage in the urea-formaldehyde heat-insulating material of the "Pinopalst" brand - KFP. This task was realized through the synthesis of KFP with chemical acceptors of gaseous formaldehyde in the technological process of manufacturing foam plastic. In addition, a number of experiments were conducted with the addition of various foaming agents to CFP to reduce linear and volumetric shrinkage-reduction in the size of a sample of formed and dried foam. The paper describes the features of the technology of chemical and mechanical foaming of urea-formaldehyde resins and the properties of the CFP foam, by using special acceptors and foaming agents. In the experimental part, with the help of a special automatic analyzer of gaseous formaldehyde MIS-98170, the quantitative content and diffusion of gaseous formaldehyde from foam plastic was determined, before and after the introduction of special chemical acceptors of formaldehyde, which interact with it and neutralize its direct effect. As a result of the conducted research, the most optimal, ecological acceptors of gaseous formaldehyde and foaming agents were selected, which reduce the emission of free gaseous formaldehyde and its concentration in the working area and reduce the shrinkage of foam plastic and cracking of foam plastic after drying, as well as the optimal protective paint coatings were selected to protect and reduce water- and moisture absorption of finished KFS foam. 51 p., 2- tab, 13 picture, 45 literature, 4 adds. . **Keywords:** urea formaldehyde resins, foam, foams, density, shrinkage, water and moisture resistance, hydro, thermo- and heat insulators.

З М І С Т

Перелік умовних позначень.....	3
Вступ.....	4
Розділ 1. Літературний огляд	7
1.1. Загальна характеристика пінопластів на основі карбамідо- формальдегідних смол	9
1.2. Покращення технологічних і експлуатаційних властивостей КФС пінопластів.....	11
1.3. Особливості повітряно-механічного та хімічного спінювання пінопластів	13
РОЗДІЛ 2. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА.....	15
2.1. Характеристика об'єктів дослідження.....	16
2.2. Методика аналізу КФС пінопласту.....	16
2.3. Метод визначення сорбційного волопоглинання пінопласту.....	17
2.4. Методика визначення сухого залишку у КФС смолі і пінопласті.....	20
2.5. Методика визначення часу желатинізації карбаміної смоли і пінопласту.....	21
2.6. Методика визначення дифузії формальдегуду з пінопласту.....	23
2.7. Методи визначення термінів тужавіння та механічної міцності КФП	25
2.8. Склад та характеристики промислових марок КФС пінопласту	29
РОЗДІЛ 3 . РЕЗУЛЬТАТИ І ОБГОВОРЕННЯ.....	33
3.1. Вивчення впливу хімічних акцепторів газоподібного формальдегіду на емісію та вміст вільного газоподібного формальдегіду в пінопласті	36
3.2. Дослідження впливу хімічних вспінювачів на зменшення усадки та густини КФС пінопласту.....	37
3.3. Результати випробувань акцепторів і піноутворювачів на дослідно- промисловій установці виготовлення КФС пінопласту.....	39
3.4. Вивчення впливу хімічних акцептора, вспінювача на час затвердження, тужавіння та сушки, і механічної міцності КФС пінопластів.	43
Висновки	44
Список використаної літератури.....	47

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

Пінопласт	марка піно або поропласту з синтетичних полімерів
АБСК	алкілбензолсульфокислота
ГДК	гранично допустима концентрація
ДСП	деревинностружкова плита
КФС	карбамідоформальдегідна смола
КФП	карбамідо-формальдегідний пінопласт
pH	водневий показник
МІС-98170	аналізатор формальдегіду

ВСТУП

Актуальність теми. Карбамідоформальдегідні смоли (КФС), що синтезуються на поліконденсаційному сополімері газоподібного формальдегіду і мочевины, є найпоширенішою сировиною для виробництва синтетичних поропластів і пінопластів для тепло- та звукоізоляції в будівництві. Однак, використання таких матеріалів не позбавлене недоліків. Зокрема, після затвердіння та висушування, лінійні розміри пінопласта зменшуються на більше ніж 7%, а об'єм - на більше ніж 15%, що негативно впливає на експлуатаційні характеристики та може призвести до його розтріскання та руйнування.

Карбамідоформальдегідні смоли мають кілька переваг, таких як швидкість затвердіння, низька в'язкість, висока адгезія, висока температурна стабільність до 300°C, а також можливість регулювати колір, в'язкість, світлостійкість, твердість та хімічну стійкість. Однак, є проблема високого вмісту токсичного формальдегіду у пінопласті, що перевищує гранично допустиму концентрацію в робочій зоні.

Сополімеризацією КФС з іншими матеріалами можливо отримати більш стійкий та міцний пінопласт. Наприклад, додавання наповнювачів, таких як дерев'яні стружки або опилки опилки, може знизити вміст газоподібного формальдегіду та покращити фізико-механічні властивості. Також, використання інших сополімерів, які містять менше газоподібного формальдегіду, може зменшити ризик отруєння при вдиханні формальдегіду.

Для того, щоб зробити карбамідоформальдегідний пінопласт менш шкідливим для здоров'я та більш ефективним як теплоізоляційний матеріал, можна застосувати новітні технології виробництва та додати до складу матеріалу компоненти, які знижують випаровування газоподібного формальдегіду. Також можна проводити спеціальну обробку поверхні пінопласту, яка зменшить його дифузію та негативний вплив на екологію та людину.

Однак, варто звернути увагу на те, що карбамідоформальдегідні смоли можуть мати негативний вплив на довкілля під час виробництва, тому необхідно використовувати екологічно чисті методи виготовлення та забезпечувати високу якість виробів. Крім того, для покращення експлуатаційних характеристик карбамідоформальдегідного пінопласту, можна проводити додаткову обробку матеріалу спеціальними речовинами, які підвищують його міцність та стійкість до впливу вологи та інших негативних факторів.

У цілому, карбамідоформальдегідний пінопласт є ефективним та дешевим матеріалом для тепло- та звукоізоляції, але вимагає додаткової обробки та застосування новітніх технологій для зменшення його негативного впливу на довкілля та здоров'я людини.

Метою роботи є зниження токсичності при виділенні вільного газоподібного формальдегіду з пінопласту та зменшення лінійної та об'ємної усадки і густини сечовино-формальдегідного пінопласту під час його монтажу та сушки, шляхом введення спеціальних хімічних акцепторів та вспінювачів .

Виходячи з поставленої нами мети необхідно було виконати наступні завдання:

1. Розробити методику аналізу газоподібного формальдегіду, що виділяється з КФП пінопласту використавши для цього автоматичний аналізатор газоподібного формальдегіду МІС-98170.
2. Провести випробування та вибрати найкращий хімічний акцептор, що взаємодіє з формальдегідом, для зменшення дифузії викидів газоподібного формальдегіду з КФП до ГДК при його приготуванні та експлуатації.
3. Підібрати та випробувати додатковий хімічний вспінювач для зменшення лінійної та об'ємної усадки та густини пінопласту після сушки.

Об'єктом дослідження є промислова технологія отримання КФП з мінімальним виділенням-дифузією газоподібного газоподібного формальдегіду та зменшеною усадкою.

Предметом дослідження є зменшення токсичності та густини КФП пінопласту при виготовленні та експлуатації.

Наукова новизна одержаних результатів. Вперше запропоновано новий метод визначення емісії газоподібного формальдегіду від карбамідо-формальдегідних пінопластів, заснований на використанні автоматичного газоаналізатора формальдегіду МІС-98170. Вперше запропоновано новий метод зменшення усадки карбамідо-формальдегідних піно ізоляційних матеріалів з використанням акцептора газоподібного формаль-дегіду на основі композиції, сечовини, меламіну та піноутворювача. **Практичне значення одержаних результатів.** Запропонований експрес метод кількісного визначення викидів газоподібного формальдегіду з карбамідо-формальдегідних смол і пінопластів може бути використаний у виробництві аміно-формальдегідних смол, вспінених амінопластів в промисловості виробництва ДСП ДВП та меблів. Запропонований акцептор формальдегіду може знизити викиди та концентрацію дефузійного газоподібного формальдегіду до значень нижче $ГДК \leq 5 \text{ мг/м}^3$, саме під час виготовлення та експлуатації КФС пінопласту в робочих зонах. Введення 0,5-1,5% спеціального додаткового хімічного піноутворювача в склад пінопласту зменшує лінійну і об'ємну усадку готового КФП в 2-5 разів після висихання.

Структура роботи. Наукова робота складається із вступу, 3 розділів, висновків та списку використаної літератури та додатків. Робота складає 51 сторінок, у тому числі 2-х таблиць, 13 рисунків, та 45 джерел використаної літератури, а також містить 4 додатки на 15 ст.

РОЗДІЛ І. ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД

1.1. Характеристика пінопласту на основі карбамідо-формальдегідних смол

Пінопласт - це матеріал, який використовується для виробництва теплоізоляції, упаковки та інших товарів. Одним з видів пінопласту є пінопласт на основі карбамідо-формальдегідних смол (КФС).

КФС пінопласт виготовляється з КФС смоли, яка є основним компонентом пінопласту. Карбамідо-формальдегідна смола (КФС) є однією з найбільш дешевих смол, що використовуються для виробництва пінопласту. КФС синтезується з карбаміду та формальдегіду, які реагують за високої температури та тиску, щоб утворити високомолекулярні полімерні ланцюги. Ця смола відноситься до групи синтетичних смол, яка має високу термічну та хімічну стійкість, а також добрі тепло- і звуко-ізоляційні властивості. Крім того, карбамідна смола застосовується у виробництві клеїв та лаків, а також як компонент при виготовленні фарб та покриттів та ДСП і ДВП. У деяких випадках карбамідна смола використовується як компонент для виготовлення водостійких матеріалів. Вона також використовується як компонент у виробництві деяких косметичних засобів, таких як шампуні та зубні пастки. Загалом, карбамідна смола є важливою компонентою в промисловому та медичному виробництві, а також у багатьох інших галузях. Її широке застосування може бути пояснене дешевизною та доступністю.

Основними характеристиками пінопласту на основі КФС є його низька щільність, теплоізоляційні властивості та невисока механічна міцність. Щільність пінопласту може варіюватися від 12 до 35 кг/м³, залежно від застосування та вимог до утеплювача. Теплопровідність пінопласту на основі КФС дуже низька, що робить його ефективним утеплювачем. Механічна міцність пінопласту також залежить від його щільності та може бути

покращена додаванням у пінопласт армуючих матеріалів, таких як скловолокно.

Пінопласт на основі КФС має також декілька переваг порівняно з іншими видами пінопласту. Він не горить і не підтримує горіння. Крім того, пінопласт на основі КФС є дуже стійким до вологи, що робить його ідеальним для використання.

Хоча пінопласт на основі карбамідо-формальдегідних смол використовується не так часто, як інші види пінопласту, він має свої унікальні характеристики, які роблять його цікавим для деяких застосувань.

Однією з основних переваг пінопласту на основі КФС є його висока твердість поверхні та жорсткість. Ці характеристики роблять його корисним матеріалом для виготовлення легких та міцних конструкцій, таких як крила літаків, панелі автомобілів та інші промислові застосування.

Крім того, пінопласт на основі КФС має дуже добру термоізоляційну властивість. Ця характеристика дозволяє використовувати його в будівельних конструкціях для збереження тепла в зимовий час, а також для зменшення теплопередачі влітку.

Іншою важливою характеристикою пінопласту на основі КФС є його висока хімічна і термічна стійкість. Це означає, що він може витримувати взаємодію з багатьма хімічними речовинами, що робить його корисним для застосування у промисловості та наукових дослідженнях.

Карбамідо-формальдегідна піна має деякі недоліки, які можуть вплинути на її ефективність і властивості. Основними недоліками є:

1. Викиди формальдегіду: під час виробництва та використання карбамідо-формальдегідної піни може статися через викиди шкідливого формальдегіду, який може бути небезпечним для здоров'я людей та навколишнього середовища .
2. Неоднорідність структури: структура карбамідо-формальдегідної піни може бути неоднорідною, що може привести до недостатньої міцності та деформації.

3.Відносна твердість : карбамідо-формальдегідна піна може мати відносну не міцну структуру.

1.2. Карбамідо-формальдегідні теплоізоляційні матеріали

У якості будівельної теплоізоляції карбамідо-формальдегідна піна генерується на місці за допомогою портативного обладнання. Частково полімеризована смола карбамідо -формальдегіду механічно вспінюється, а потім хімічно реагує (затверджується) на місці. Хімія смол формальдегіду була оглянута Меєром [10].

Для створення піни використовуються три основні інгредієнти: смола карбамідо-формальдегідна-КФС, поверхнево-активна речовина-ПАР (зазвичай називається засобом піноутворення), яка включає кислотний каталізатор або затверджувальний агент, та повітря. Загалом, для виробництва пін на місці використовуються три типи композицій КФС. У першій, смола карбамідо-формальдегіду транспортується на місце роботи у вигляді водного розчину. У другій, смола доставляється на місце роботи у вигляді порошку та змішується з водою на місці. У третій, смола доставляється на місце роботи у концентрованому вигляді, де вона розбавляється водою перед застосуванням.

Обладнання для генерації піни, як правило, складається з насоса стиснутого повітря та змішувального або пінного пристрою. У Сполучених Штатах змішувальний каталізатор-пінний засіб, як правило, нагнітається в ежектор, де стиснуте повітря змішується з ним та механічно розширює його у піну, що складається з малих бульбашок. Потім бульбашки повітря покриваються в насадці ежектора смолою карбамідо-формальдегіду, яка нагнітається окремою лінією в ежектор. Піна, що складається з бульбашок, покритих КФС смолою, виштовхується з сопла ежектора під тиском, коли вона містить близько 75 відсотків води за вагою. Вода присутня, оскільки смола та піноутворювач були змішані для хімічної реакції як водні розчини.

Техніка генерації піни в США також використовується в Європі, додатково до інших методів. Наприклад, як один з методів, розчини смоли та

пінного засобу змішуються через камеру розширення ежектора. У іншому випадку каталізатор додається до піни після початкового розширення. Після того, як смола карбамідо-формальдегідна змішується з каталізатором на поверхні бульбашок піни, смола негайно починає затверджуватися. КФСмолою покриті бульбашки виходять з наконечника пістолета ежектора у вигляді повністю розширеної піни, що має консистенцію, яку зазвичай порівнюють з піною для гоління. Зазвичай менше, ніж за хвилину після виходу з пістолета, смола частково затвердіває, перетворившись на жорстку, самонесучу піну. Повне хімічне затвердіння піни зазвичай відбувається від кількох годин до кількох днів після нанесення. Швидкість хімічного затвердіння залежить від факторів, таких як температура та формула піни. Вода з пінопласту, присутня під час піноутворення, висихає залежно від температури, вологості, формули піни та типу конструкції, до якої піна застосовується.

Хоча карбамідо-формальдегідна пінопластова ізоляція вважається відомим матеріалом, існують різниці в складі та властивостях різних пін, які були доступні. Додатки, наповнювачі, розширювачі та пластифікатори додавалися до піни у спробах покращити або змінити деякі з її властивостей, такі як зменшення усадки, підвищення рН та маскуванню запахів.

Оскільки ця ізоляція генерується безпосередньо на місці монтажу, склад певної піни в будинку може значно відрізнятися, особливо якщо параметри монтажу не контролюються [11]. Прикладами параметрів монтажу, які потребують контролю, є розділення смоли (у водному розчині) в транспортному барабані, зміни температури перед змішуванням в пістолеті, зміни ефективності змішування або співвідношення змішування (у крайньому випадку, нестача одного компонента в розтіканні), а також швидкість висихання піни [11]. Оскільки правильний монтаж важливий для ефективної роботи піни, Департамент енергетики США запропонував вимоги до обладнання для генерації піни на місці в рамках Програми з енергозбереження в будівництві житла (RCS) [12]. Ці запропоновані вимоги включали

використання обладнання, яке: могло автоматично рециркулювати та змішувати смоли та піноген для збереження єднання компонентів під час монтажу; використовувало стиснуті балони з газом замість повітряних компресорів; і могло автоматично зупинитися протягом 10 секунд у разі зниження регульованого тиску або якщо відбувалася зміна співвідношення компонентів на 20 відсотків.

Не було опубліковано доповідей щодо ефективності запропонованих вимог до обладнання для контролю якості КФС піни. Оскільки піни на основі уреа-формальдегіду були виключені з програми RCS, вимоги до обладнання не були введені в дію.

Широку потенційну розмаїтість складу піни в межах конкретного будинку має значення щодо відбору зразків, яке може бути зроблено для вилучення або спостереження зразків КАРБАМІДОП тестів у будинках. Обмежені спостереження піни на невеликій площі стіни не можуть бути представницькими для піни по всьому будинку.

1.2. Проблема поліпшення технологічних і експлуатаційних властивостей КФС пінопластів

Карбамідо-формальдегідні поро- і пінопласти є одними з найбільш поширених будівельних теплоізоляційних матеріалів у світі, оскільки вони є дуже дешевими і ефективними утеплювачами та мають низьку теплопровідність. Однак, як і в будь-якому іншому матеріалі, вони мають свої проблеми.

Одна з основних проблем КФС пінопластів полягає в тому, що вони нестійкі до вологопоглинання. Якщо матеріал намокає, його теплоізоляційні властивості значно погіршуються, що може призвести до збільшення витрат на опалення та охолодження будівлі. Щоб запобігти цій проблемі, необхідно забезпечити герметичність утеплювального шару від контакту з водою та використовувати додаткову гідроізоляцію.

Іншою проблемою КФС пінопластів є їхні невисокі фізико-механічні та експлуатаційні властивості. Вони можуть деформуватися, коли їх навантажують, або відбуватися процес розшарування. Це може призвести до проблем з безпекою будівель, тому що вони можуть стати менш стійкими до руйнування в разі землетрусів та інших природних катастроф.

Також, КФС пінопласти можуть бути вогнебезпечними, якщо вони містять в своєму складі горючі органічні пластифікатори та інші легкозаймисті речовини. Це може призвести до розповсюдження вогню в разі пожежі. Щоб зменшити цю проблему, можна використовувати спеціальні модифікації КФС пінопластів, які зменшують їхню горючість.

Крім того, існують питання зв'язані з екологічністю КФС пінопластів. У процесі виробництва вони виділяють газоподібний токсичний формальдегід та використовуються адгезиви та інші речовини, які можуть бути шкідливими для здоров'я людини та навколишнього середовища. Також, при нанесенні пінопластів можуть виділятися шкідливі речовини, які погіршують якість повітря та негативно впливають на здоров'я людини.

Щоб зменшити негативний вплив карбамідо-формальдегідних пінопластів на довкілля, можна використовувати вторинну переробку матеріалу та впроваджувати нові технології виробництва, які дозволяють зменшити використання шкідливих речовин.

Усі ці проблеми можна вирішити за допомогою додаткових технологій та матеріалів, але це може призвести до збільшення витрат на будівництво. Тому, дослідники та інженери продовжують пошуки нових матеріалів та технологій, які дозволять зменшити вплив цих проблем на середовище та зберегти ефективність теплоізоляції КФ пінопластів.

Наприклад, однією з нових технологій є використання макро та наночастинок для поліпшення теплоізоляційних властивостей пінопластів. Ця технологія дозволяє збільшити ефективність ізоляції, що зменшує витрати на опалення та охолодження будівлі.

Також, з'явилися нові матеріали для будівництва, які замінюють КФС пінопласти, наприклад, біопластичні матеріали, які виготовляються зі вторинних ресурсів та не містять шкідливих речовин. Вони є біорозкладними та дозволяють знизити негативний вплив на довкілля. Проте, їх використання може бути обмежене з точки зору ефективності теплоізоляції.

Іншим напрямком розвитку є використання вторинних ресурсів та відновлюваних джерел енергії для виробництва КФС пінопластів. Наприклад, використання біогазу для отримання енергії для виробництва, може знизити викиди шкідливих речовин та енерговитрати. Крім того, дослідження проводяться у напрямку створення біокомпозитних матеріалів, які містять біополімери та вторинні ресурси, такі як деревина.

У зв'язку з цим, розвиток технологічних та екологічних властивостей КФС пінопластів є актуальним завданням для будівельної галузі. Для досягнення цієї мети необхідно поєднувати різноманітні напрямки дослідження та розвитку, включаючи використання новітніх технологій та матеріалів, зменшення використання шкідливих речовин, використання вторинних ресурсів та відновлюваних джерел енергії.

Крім того, необхідно підтримувати співпрацю між виробниками КФС пінопластів, науково-дослідними установами та організаціями, що займаються проблемами екології та відновлюваної енергії, для спільного розвитку технологій та розробки ефективних методів переробки та використання КФС пінопластів.

Таким чином, розвиток технологічних та експлуатаційних властивостей КФС пінопластів є важливим завданням для будівельної галузі.

1.3. Особливості повітряно-механічного спінювання КФС пінопластів

КФС пінопласти є одним з найпоширеніших видів термоізоляційних матеріалів в будівельній галузі. Повітряно-механічне спінювання - це метод виробництва КФС пінопластів, що дає змогу отримати матеріал з потрібними характеристиками і використовувати вторинну сировину.

Процес повітряно-механічного спінювання складається зі спінювання полімеру, з застосування повітряного потоку для створення піни і наступного затвердіння-желатинізації пінопласту. Цей метод має декілька переваг, серед яких - можливість керування структурою і властивостями пінопласту шляхом зміни параметрів процесу спінювання. Однак, для досягнення оптимальних результатів необхідно забезпечити контроль над процесом спінювання та зменшити витрати енергії на виробництво. Для цього можна використовувати різні методи та технічні рішення, які дозволяють знизити витрати енергії та підвищити якість КФС пінопластів. Такі заходи допоможуть знизити вартість виробництва та збільшити конкурентноздатність КФС пінопластів на ринку будівельних матеріалів. Крім того, важливим фактором при повітряно-механічному спінюванні КФС пінопластів є контроль за додаванням піноутворювачів, каталізаторів та модифікаторів. Каталізatori або затверджувачі є необхідним елементом для запуску та прискорення процесу спінювання та затвердіння пінопласту, а модифікатори можуть впливати на структуру та фізичні властивості пінопласту. Завдяки правильному дозуванню та використанню каталізаторів та модифікаторів можна отримати матеріал з бажаними характеристиками, такими як міцність, теплоізоляційні властивості та стійкість до вологи.

Крім того, важливим етапом при повітряно-механічному, та або хімічному спінюванні є правильне налаштування параметрів процесу, таких як температура, тиск та час спінювання. Неправильно налаштовані параметри можуть призвести до виробництва пінопласту з низькою міцністю, нестабільними розмірами та недостатніми теплоізоляційними властивостями.

Для введення газу в систему використовуються два види пінних речовин:

- 1) Фізичне спінювання також є дисперсійним методом, який безперервно переміщується шляхом автоматичного перемішування повітря і полімеру до утворення піни з полімерного газу під високим тиском або при атмосферному тиску.

2) Хімічне піноутворення - шляхом введення системи або речовини з властивостями оборотного термічного розкладання, здатної виділяти газоподібні продукти, або фізико-хімічної системи, що складається з двох або більше речовин, здатних виділяти газоподібні речовини. Цей метод ще називають конденсаційним. Для отримання КФС пінопласті необхідно використовувати піну, яка утворює пінопласт в середовищі рН 1-3.

Однак, не дивлячись на технічну складність процесу повітряно-механічного спінювання, цей метод залишається одним з найбільш ефективних та економічних способів виробництва КФС пінопластів. Він дозволяє створювати матеріали з потрібними характеристиками. Отже, повітряно-механічне спінювання КФС пінопластів є складним та вимогливим процесом, проте за належного контролю над параметрами та використання правильних каталізаторів він високо економічний.

РОЗДІЛ 2 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

2.1. Характеристика об'єктів дослідження

В таблиці 2.1. показано карбамідоформальдегідну смолу марки КПС-Г

№	Назва показників	Вимоги ТУ	КПС-Г
1	Зовнішній вигляд	Однорідна суспензія без сторонніх включень	відповідає
2	Масова частка нелетких речовин, 105°C, %	51-56	52,58
3	Густина смоли, г/см ³	1,28±0,1	1,196
4	Концентрація водневих іонів рН	7,5-8,5	7,67
5	Змішуваність з водою при 20°C	1:1	1:2
6	Час желатинізації при 100°C, с	60	82
7	Масова частка вільного формальдегіду, %	0,25	0,266

2.2. МЕТОДИКА АНАЛІЗУ ПОКАЗНИКІВ ПІНОПЛАСТУ.

Вимоги до сечовино-формальдегідного пінопласту марки "Екоізол". Таб.2.2.

Показник	Одиниця виміру	Значення
Густина	Кг/м ³	10-35
Теплопровідність	(Вт/м)·С	0,036-0,038
Межа міцності піноізолу при стисненні (при 10-% лінійній деформації)	кг/см	0,07-0,5
При згинанні	кг/см ²	0,10-0,25
При розтягуванні	кг/см ²	0,05-0,08

Лінійна усадка (при технології «рідкий пінопласт»)	%	3-12
Вологість (за масою)	%	5,0-14,5
Паропроникність	г/(мчПа)	0,21-0,24
Діапазон робочих температур	С°	Від -50 до +120
Тривалість самостійного горіння	Сек.	0
Група горючості		Г2
Група займистості		В2
Група токсичності		Т2
Група експлуатації		не менше 50 років

1. Метод визначення густини пінопласту.

Визначення щільності плоских, фасонних та мотузкових виробів.

Контрольно-технічне обладнання:

1. «Ваги».
2. «Лінійка»
3. «Рулетка металева».

4. «Пробовідбір зразків»
5. «Штангенциркуль» .
6. «Товщиномір».
7. «Шафа сушильна».

Щільність можна визначити, якщо виріб відповідає довжині не менше 490 мм і ширині не менше 500 мм.

Для виробів номінальною товщиною понад 50 мм і розмірами «[(40x40x40) ± 1]» щільність органічних пористих виробів визначають за зразками розмірами «[(50x50x50) ± 1] мм» без ущільненого верхнього шару, мм - для номінальної товщини 50 мм продукції, якщо інші розміри не вказані в нормативних документах на конкретний вид продукції.

Випробування проводяться поетапно. Спочатку зважують виріб на аналітичних вагах, вимірюють його довжину, товщину, ширину і діаметр і обчислюють його об'єм без урахування товщини матеріалу покриття, якщо мінімальне значення не перевищує 1 мм.

Нам потрібно використовувати формулу для обробки результату щільності

$$\rho = \frac{m}{V(1 + 0.01W)}$$

де m - маса зразка, кг; W – вологість зразка; V - об'єм зразка, м³;

Якщо ви використовуєте зразки органічних продуктів, використовуйте:

$$\rho = \frac{m_1}{V}$$

де m₁ - маса висушеного зразка, кг;

- «для зразкі з покривним матеріалом»:

$$\rho = \frac{m_2 - m_3}{V(1 + 0.01W)}$$

де m₂ - маса зразка кг; m₃ - маса покривного матеріалу після відділення від нього теплоізоляційного, шару, кг.

2.3.Метод визначення сорбційної вологості пінопласту

Для проведення дослідження потрібно таб. 2.3.:

• Електрошафа сушильна
• Ваги аналітичні
• Бюкс скляний
• Ексикатор
• Кальцій хлористий плавлений.

Етапи проведення випробування:

Вага проби	Час зберігання в ексикаторі	Об'єм матеріалу
5 грам	24-72 години	Не більше 50 % об'єму повітря

→ Зважують пробу → поміщають в екстрактор на 24 години → зважують повторно → роблять висновки

$$W_{\text{сорб}} = \frac{m_1 - m_2}{m_2 - m_3} 100$$

де m_1 - це маса бюкса з пробой після витримування над водою, г; m_2 - маса бюкса з пробой, висушеної до постійної маси, г; m_3 - маса бюкса, г

За цєю формолою розраховується адсорбована вологість.

Сорбційну вологість органічних пористих виробів обчислюють за формулою:

$$W_{\text{сорб}} = \frac{m_4 - m_s}{m_s} 100$$

де m_4 - маса зразка після витримування над водою, г; m_5 - маса висушеного зразка, г.

Результат визначення округлюють до 0,1%.

3. Методи визначення водопоглинання пінопласту

Метод полягає у визначенні кількості води яку поглинув зразок пінопласту повністю занурений у воду.

Для початку випробування нам потрібно вирізати квадрат пінопласту $[(50 \times 50 \times 50) \pm 1]$ мм. Потрібно підготувати зразок до випробування. Спочатку висушуємо його до постійної маси а потім охолодити CaCl_2 в екстракторі в таб. 2.4..

1	Сушарка	Згідно за ГОСТ 25336
2	Кальцій хлорид	Розплавлений
3	Ванна	з нержавіючої сталі
4	Температура води	$(22 \pm 5)^\circ\text{C}$
5	Рівень води	На 20-40 мм вище завантажувача
6	Час перебування зразка у воді	24 години

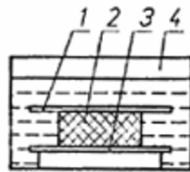


Рис.2.1. Ванна з зразком, повністю зануреним у воду: 1 - сітчастий привантажувач; 2 - зразок; 3 - сітчаста підставка; 4 – ванна.

Після підготовки проби кожного випробування ми приступаємо до 2 етапу випробування. Зразок пінопласту ми витягуємо з води, закріплюємо у тримачі і зважуємо його 30 с. Та кількість води яка під час зважування витікає включаємо до проб, які потім фільтруємо за допомогою фільтрувального паперу і фінально зважуємо.

Обробка результату

Водопоглинання (відсоток ваги) зразка W при повному або частковому зануренні розраховується за формулою:

$$W_{\text{в}} = \frac{m_1 - m_2 - m_3}{m_2} \cdot 100 \quad W$$

де m_1 - маса зразка після насичення водою і лотка для зважування, г; m_2 - маса зразка, попередньо висушеного до постійної маси, г; m_3 - маса сухого лотка для зважування, г.

Водопоглинання W органічних пористих виробів при повному зануренні зразка у відсотках за об'ємом обчислюють за формулою:

$$W_{\text{мд'а}} = \frac{m_4 - m_5}{V_p} * 100$$

Де m_4 -маса після насичення фодою, г; m_5 -висушеного попередньо до постійної маси, г; V -об'єм, см³, ρ_v -густина води, г/см³.

2.4. Методика визначення сухого залишку в КФС смолі і пінопалсті.

Метод гравіметрії використовується для визначення концентрації смоли. Для цього поміщаємо потрібну кількість смоли в гл,е з об'ємом $2000 \pm 0,100$ мл, рівномірно розподіляємо по поверхні і закриваємо корком. Потім колбу зважуємо на аналітичних вагах з точністю до 0,0001 г і нагріваємо до 106°C. Максимальна кількість колб, яку можна використовувати, - шість штук. Після сушіння смоли колбу поміщають в ексикатор, де знаходиться прожарений CaCl_2 . Потім змішують і охолоджують до температури 12-18°C і знову зважують з точністю до 0,0002 г. Для отримання більш точних результатів необхідно провести 2-3 досліди паралельно. Після виконання досліду, колби зі смолою можна зберігати в сухому ящику протягом двох годин.

Масова частка (X) сухого залишку в % і розраховується за такою формулою:

$$X = \frac{(m - m_1) * 100}{m_2 - m_1}$$

Результат аналізу концентрації смоли може бути отриманий за допомогою рефрактометричного методу, який ґрунтується на вимірюванні показника заломлення. Для цього спочатку поміщаємо пробу в колбу і термостат, після чого на вимірювальну призму капається крапля смоли для вимірювання показника заломлення. Щоб отримати більш точні результати, проводять кілька досліджень і обчислюють середнє арифметичне.

Аналітичним результатом є значення концентрації смоли, яке можна обчислити шляхом визначення середнього арифметичного результатів трьох паралельних вимірювань показника заломлення. Для отримання точного результату необхідно враховувати різницю між вимірюваннями, яка не

повинна перевищувати 0,8%. Значення концентрації смоли можна визначити за допомогою спеціальної таблиці, що відповідає отриманим показникам заломлення.

Отже, рефрактометричний метод є ефективним способом визначення концентрації смоли, який дозволяє отримати точні результати за допомогою аналізу показника заломлення. Враховуючи різницю між трьома паралельними вимірюваннями і обчислюючи середнє арифметичне, можна отримати аналітичний результат з точністю до цілого числа.

2.5.Методика визначення часу желатинізації карбаміної смоли і пінопласту.

Таб.2.5. Одержання клейового розчину з КФС.

1	Маса смоли	50,0 г	-
2	Температура	20°C	стабільна
3	NH ₄ Cl	2,5 мл	затверджувач
4	Концентрація розчину	20%	

Методика визначення часу желатинізації КФС при 100°C.

Для досліду потрібно 2,00 г приготованого вище клеєвого розчину налити у пробірку і за допомогою штативу прикріпити її так, щоб у водяній бані рівень розчину в пробірці занурювався на 10-20 мм. Після перемішування починають фіксувати час коли клей переходить у вспінений стан.

Для кращого результату проводять 2 одночасних випробування і за результатами вираховують середнє арифметичне.

Методика Визначення часу желатинізації КФС при 20°C.

Для визначення желатинізації експеримент проводять при сталій температурі 20 °C в резервуарі. Залишок пприготовленого нами клейового розчину стабільно еперемішують протгом певного часу. Пробірка з пробою

має бути занурена на 10-20 см в воду яка є в термостаті. У пробірку вводять NH_4Cl і смола протягом декількох годин втрачати текучість- затвердіває.

Викиди або дифузію газоподібного формальдегіду з карбамідо-формальдегідних пін вимірювали з використанням чотирьох різних умов середовища. Висока температура використовувала середовище, при $+33\text{ }^{\circ}\text{C}$, у поєднанні з високою та низькою вологістю. В іншому середовищі підтримували низьку температуру, при $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$, при підвищеній і низькій вологості. Зразки були відібрані одночасно з камери високої та низької вологості однакової температури для порівняння

2.6. ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ АВТОМАТИЧНОГО АНАЛІЗАТОРА ГАЗОПОДІБНОГО ФОРМАЛЬДЕГІДУ МІС-98170.

Автоматичний аналізатор газоподібного формальдегіду МІС-98170 є приладом для вимірювання концентрації формальдегіду в повітрі. Основні технічні характеристики приладу такі:

1. Діапазон вимірювання: від 0 до 5 мг/м³.
2. Чутливість: менше ніж 0,1 мг/м³.
3. Час відгуку: менше ніж 60 секунд.
4. Лінійність: менше ніж 2% від повного діапазону вимірювання.
5. Точність: менше ніж $\pm 5\%$.
6. Джерело живлення: вбудована літій-іонна батарея або зовнішнє джерело живлення.
7. Екран: ЖК-дисплей з підсвічуванням, що показує значення концентрації формальдегіду та інші параметри.
8. Інтерфейс: USB-порт для передачі даних на комп'ютер.
9. Розміри: 160 мм x 80 мм x 36 мм.
10. Вага: приблизно 0,5 кг.

Прилад також має можливість зберігання даних та налаштувань із застосуванням мікросхеми EEPROM, а також має функцію автоматичного вимкнення, що дозволяє економити енергію батареї.

Таб.2.6. Максимально допустимі значення вмісту газоподібного формальдегіду в різних умовах та в приміщеннях:

0,03 ppm	усереднене значення для відкритого простору (вулиці)
0,10 ppm	рекомендована граничне значення для помешкань за ASHRAE, ANSI, EPA, NIOSH
0,40 ppm	рекомендоване граничне значення для виробничих приміщень
0,50 ppm	рекомендоване граничне значення для робочих місць за OSHA
0,75 ppm	рекомендований середньозважений в часі (за 8 годин) рівень концентрації (time-weighted average) TWA OSHA
0,80 ppm	рівень, при якому людина може відчувати неприємний запах
2,00 ppm	рекомендоване середнє значення концентрації за короткий проміжок часу (short-term exposure limit 15 min) STEL OSHA

2.6. МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ДИФУЗІЇ ГАЗОПОДІБНОГО ФОРМАЛЬДЕГІДУ З ПІНОПЛАСТУ

Для проведення дослідження необхідно мати наступні компоненти: зразок пінопласту, аналітичні ваги, колбу та газоаналізатор. Спочатку поміщаємо зразок пінопласту у колбу, до якої підключений наш прилад для вимірювання MISC-98170. Потім через трубку додаємо вільний формальдегід, який виділяється, і вимірюємо його кількість за допомогою датчика вимірювання. Випробування повторюємо 4-7 разів. Після того, як зразок пінопласту повністю використав усю кількість вільного формальдегіду, нагріваємо його до 60 градусів протягом 1 години. Проводимо одночасно 2 дослідження та визначаємо середнє значення. Щоб виміряти кількість вільного формальдегіду у водному розчині, його продуваємо повітрям через компресор. Після завершення дослідження створюємо калібрувальний графік, на якому зображена залежність масової частки формальдегіду в повітрі від масової частки в його в розчині (рис. 2.5).

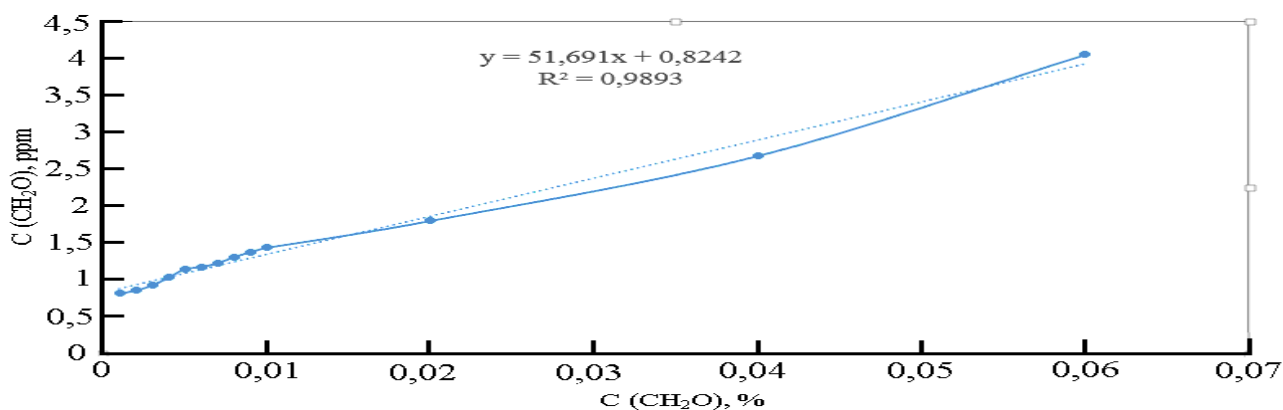


Рис. 2.5. Калібрувальна діаграма співвідношення між масовою часткою газоподібного формальдегіду в насиченому повітрі та масовою часткою газоподібного формальдегіду у водному розчині

«Методика визначення емісії газоподібного формальдегіду з пінопласту газоаналізатором МІС-98170»

Для розробки технології виробництва сечовини-формальдегідної піни, яка має менші викиди газоподібного формальдегіду під час виробництва та експлуатації, потрібно розробити швидкий і надійний метод визначення викидів газоподібного формальдегіду від будівельних матеріалів. Газоаналізатори, які засновані на різних типах датчиків, є перспективними для вирішення цієї задачі.

Газоаналізатори дозволяють автоматично та періодично вимірювати рівень газоподібного формальдегіду в повітрі. Вони можуть бути використані для контролю концентрації газоподібного формальдегіду в повітрі на виробництвах, у будинках та інших місцях. Газоаналізатор МІС-98170 має деякі характеристики, які наведені в додатку 1. Під час дослідження була розроблена методика та лабораторна установка для вимірювання вмісту газоподібного формальдегіду, який дифундує з твердих і рідких продуктів КФС, як показано на рис. 2.3. Сечовини-формальдегідної піни виділяється вільний формальдегід, і повітря проходить через електричний датчик концентрації формальдегіду. Для забезпечення максимальної точності вимірювань, необхідно використовувати високоякісні датчики і калібрувати прилади на регулярній основі. Також важливо забезпечити правильне

розташування приладів у приміщенні та підтримувати оптимальні умови їх роботи.



Рис.2.3. Установка для вимірювання емісії вільного газоподібного формальдегіду: штатив, колба місткістю 500 мл, газоаналізатор на формальдегід МІС-98170, повітря дувка акваріумна для подачі повітря із двома трубками (1 – трубка, яка видуває повітря; 2 – трубка що вбирає повітря); зразок КФС або пінопласту в колбі.

2.7. МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕРМІНІВ ТУЖАВІННЯ ТА МЕХАНІЧНОЇ МІЦНОСТІ КАРБАМІДО ПІНОПЛАСТІВ

За методикою ГОСТ 310.3-76 було проведено випробування такі як: визначення тужавіння, механічна міцність, твердість, час затвердіння пінопласту за допомогою приладу Віка рис. 2.7..

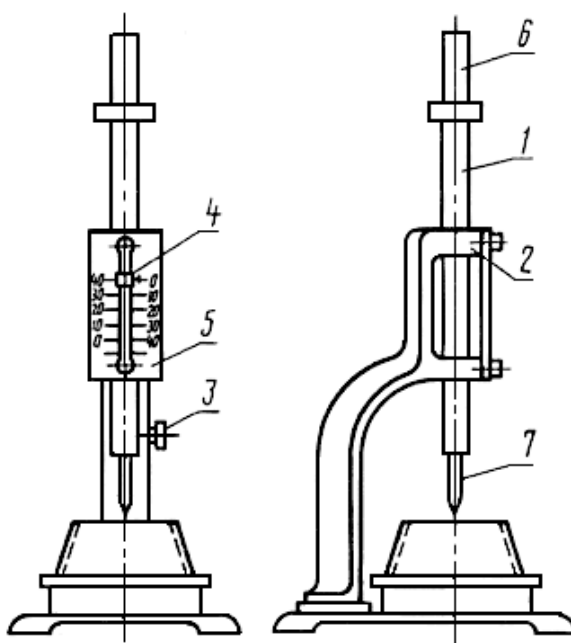


Рис.2.7.. Прилад Віка 1.1 – циліндричний металевий стрижень; 2 - обойма станини; 3 - стопорний пристрій; 4 – показчик; 5 – шкала; 6 – маточка (циліндр-пестик 6); 7 – голка ідентор.

Прилад Віка є пристроєм для проникання ідентра- голки в досліджувальний матеріал. Він використовується для випробування гідравлічних цементів та подібних матеріалів з метою визначення їх нормальної або стандартної консистенції і тужавіння. Він також використовується для визначення часу початкового твердіння та часу кінцевого твердіння гідравлічних цементів та подібних матеріалів, в тому числі часу затвердівання та твердості КФС пінопластів.



Рис. 2.8. Ідентори, або голки з приладу Віка. Розшифровка принципу роботи приладу Віка: пристрій Віка, який застосовується для проведення механічного випробування піно і поропластів, складається з вузла, що містить рухливий стержень з ковпачком на одному кінці та одним з трьох наступних змінних пристроїв на іншому кінці:

1. Голка для вимірювання часу початкового твердіння.
2. Голка для визначення часу закінчення твердіння.
3. Поршень для визначення стандартної консистенції.

Ідентор з голкою або поршень діаметром 10 мм вільно опускаються в форму Віка, заповнену цементною пастою. Глибина проникнення голок або поршня може бути виміряна за допомогою вертикальних позначок, розташованих від 0 мм до 50 мм

Склад ЗІП приладу Віка з поясненням:

1. Голки
2. Голка для визначення часу початкового твердіння: Ця голка має плоский кінець і поперечний переріз площею 1 мм². Вона призначена для вимірювання часу, за який цемент досягає початкової точки твердіння.
3. Голка для визначення часу кінцевого твердіння: Ця кругла голка також має поперечний переріз площею 1 мм². Вона кріпиться до металевого кріплення, а кінець голки виступає за різальний край вирізаного металевого кріплення.
4. Поршень для стандартної консистенції
5. Поршень виготовлений з полірованої латуні і має виступ на верхньому кінці для вставки в рухомий стержень. Нижній кінець поршня плоский. Він використовується для визначення стандартної консистенції цементу.

Кожна компонента приладу Віка має певне призначення при випробуванні властивостей цементу та КФП. Голки дозволяють здійснювати точні виміри початкового і кінцевого часу твердіння, а поршень використовується для оцінки стандартної консистенції цементної пасти або КФП. Ці компоненти разом надають цінну інформацію про властивості та якість гідравлічних цементів та подібних матеріалів- КФП.

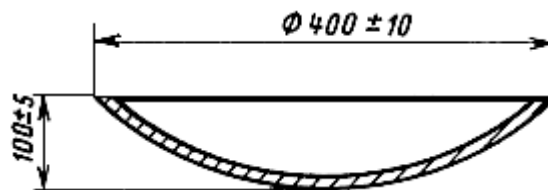


Рис. 2.7 Чаша

Опис складових компонентів приладу Віка:

1. Рухомий стержень
2. Рухомий стержень має показник, який переміщується по шкалі, прикріплений до рами (у деяких моделях є додаткове кріплення пристрою для сповільнення опускання рухомого стержня).

3. Шкала з поділками
4. Шкала з поділками має довжину 40 мм, а найменший поділ на шкалі становить 1 мм.
5. Форма Віка
6. Одноразова форма: Форма Віка має форму усіченої конуса з внутрішнім діаметром $60 \pm 0,5$ мм у верхній частині, $70 \pm 0,5$ мм у нижній частині і висотою $40 \pm 0,5$ мм.
7. Роздільна форма Віка: Роздільна форма Віка використовується як альтернатива одноразовій формі. Ця форма складається з роздільного кільця з внутрішнім діаметром $80 \pm 0,1$ мм і висотою $40 \pm 0,5$ мм. Надається непроникна основна пластина. Роздільну форму оснащено відповідним затискним кільцем.

Кожен компонент приладу Віка має своє призначення та виконує важливу роль у проведенні випробувань. Рухомий стержень з показником дозволяє здійснювати виміри, а шкала з поділками допомагає отримати точні результати. Форма Віка використовується для формування цементної або полімерної пасти, а роздільна форма є альтернативою одноразовій формі. Кожен з цих компонентів гарантує надійність та точність результатів випробувань при визначенні властивостей гідравлічних цементів та подібних матеріалів.

2.7.2. Проведення випробувань

Перед початком випробування потрібно перевірити чи голка ідентора приладу вільно падає, не хитається, і чи покази приладу не відхиляються від 0.

Нормальна щільність КФС пінопласту рахується та його концентрація при якій голка занурюється на 5-6-8 мм в піноустворюючу композицію.

1 етап: потрібно створити піноутворюючу суміш КФС яка при подальшому буде використовуватись як досліджувальний матеріал. До КФС додаємо певну кількість води 1:2 або 2:1, додати стандартний піноутворювач, а також

CaCO_3 , і затверджувач H_3PO_4 , та акцептори формальдегіду. Все це перемішати високошвидкісною мішалкою, для отримання піни

2 етап: залити цю піноутворюючц композицію в кільце приладу Віка для дослідження;

3 етап: опустити голку приладу в композицію;

4 етап: через 15 секунд необхідно відрахувати покази по шкалі приладу Віка.

Якщо склад композиції не підходить потрібно змінити кількість води або кількість КФ смоли і повторити випробування ще раз.

2.7.3. ВИЗНАЧЕННЯ ТЕРМІН СХОПЛЕННЯ ТА ТУЖАВІННЯ ПІНОПЛАСТУ

Перед початком випробування переконайтеся, що стрижень приладу Vika опущений і чи прилад має нульове відхилення, як описано в параграфі 1.2.3. Також перевірте чистоту поверхонь і наявність погнутих голок ідентора. Голки пристрою контактували з поверхнею пінопластової композиції КФС нормальної щільності, підготовленої та поміщеної в кільця на малюнках 2.7-2.8.. У цьому положенні закріплюємо стрижень стопором, потім відпускаємо стрижень, дозволяючи голці вільно зануритися в тісто КФП . На початку випробування тісто пінопласту було в податливому стані, і допускалася невелика затримка при зануренні в тісто, щоб уникнути сильного удару голки по тарілці. Коли тісто КФП загусне достатньо, щоб виключити ризик пошкодження голки, голки можуть вільно падати. Момент початку схоплювання визначається як вільне опускання голки. Голку занурюють у тісто кожні 5 секунд, переміщаючи кільце після кожного занурення, щоб голка не встала на одне і те саме місце. Після кожного занурювання протирайте голку. Під час випробування прилад необхідно помістити в прохолодне місце без протягів, не струшуючи.

Початком схоплювання, тужавіння, композиції КФС пінопласту вважають час, що минув від початку замішування (моменту приливання води

і затверджувача до КФС) до того моменту, коли голка не доходить до пластинки на 2-4 мм. Кінцем схоплювання КФС пінопласту вважають час від початку замішування до моменту, коли голка опускається в тісто не більше ніж на 1-2 мм. Для більш точного визначення, ми в своїх дослідженнях фіксували тільки кінець схоплення, тужавіння та затвердження КФС пінопласту до початку його висушування згідно ГОСТ 310.1-76-ГОСТ 310.3-76, ГОСТ 310.4-81,, ГОСТ 310.5-88, ГОСТ 310.6-85. -М: ІПК Видавництво стандартів, 2003 .

2.8. СКЛАД ТА ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОМИСЛОВОГО ПІНОПЛАСТУ

В таб. 2.1.2.2. ф 2.3. представлені склад та фізико хімічні характеристики всіх видів КФС пінопластів, ікя були приготовані в лабораторних і дослідних умовах.

Таб.2.1.Склад композиції для промислового пінопласту без добавок в композиції карбамідо-формальдегідної смоли марки КПСГ-1

№ п/п	Склад для промислово-го випробування пінопласту	КФП-1	
		Кг	%
1	КПС-Г (ТУ-У 20.1-00393 703-21:2015) рН=9	8	43,85
2	Н ₂ О (рН=6-6,5)	10	54,82
3	НЗРО ₄ ортофосфорна (85% конц)	0,1	0,5
4	АБСК алкілбензосу-льфо к-та марка А (ТУ 2481-001-13805981-2006)	0,14	0,7
5	Всього	18,24 кг	99,87%
1	Водневий показник готової не зажелатинізованої піни, рН	рН=3,5-4	
2	Час желатинізації, хв.	τ=3-4 хв	
3	Концентрація вільного газоподібного формальдегіду в робочій зоні, мг/м ³ (ГДК=5мг/м ³)	С=4-6мг/м ³	

4	Розміри зразка до сушки, см Розміри зразка після сушки, см, через 2 дні, Розміри зразка після сушки, см через 30 дні	16,5см x12см x 31,5см=6237см ³ 16см x 11,5см x30см=5520см ³ 16,3см x12,2см x 30,5=6065,23 см ³
5	Усадка сухого КФП лінійна, %см Усадка сухого КФП об'ємна,% см ³	$\Delta L=3-5\%$ $\Delta V=5-12\%$
6	Вага зразка КФП до сушки, г Вага зразка КФП після сушки, через 2 дні,г	196 г 70 г. 60г.

Таб.2.2 .Склад композиції для промислових випробувань пінопласту з акцептором газоподібного формальдегіду та підвспінювачем в композиції № КФП-11,КФП-18

№ п/п	Склад для промислового випробування пінопласту	КФП-11 з акцептором і пороутворювачами №1+2		КФП-18 з пороутворювачами №1+2	
		Кг	%	кг	%
1	КПС-Г (ТУ-У 20.1-00393703-21:2015) рН=8,0	8	41,99	8	42,32
2	H ₂ O (рН=6,5)	10	52,49	10	52,9
3	H ₃ PO ₄ ортофосфорна (85% конц.)	0,2	1,04	0,2	1,05
4	АБСК алкілбензосульфо к-та А (ТУ 2481-001-13805981-2006)	0,3	1,57	0,3	1,6
5	Підвспінювач №1(гфл) (98%)	0,2	1,04	0,2	1,05
6	Підвспінювач №2(гфб) (98%)	0,1	0,5	0,2	1,05
6	Акцептор газоподібного формальдегіду (99%)	0,25	1.3	-	-
7	Всього	19,05 кг	99,97%	18.9	99,97

Таб. 2.3. Властивості промислового пінопласту з добавками акцептора газоподібного формальдегіду і вспінювачів марки КФП-11,КАФП-18 (06.08.2022 р.)

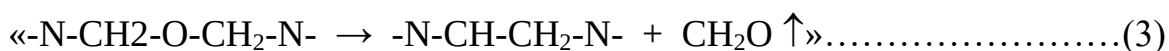
1	Водневий показник $H_2O+H_3PO_4+$ АБСК, рН Водневий показник КФС+акцепт+пороутв, рН	рН=1,0 рН=9,0	рН=1,0 рН=8,5
2	Водневий показник готової, мокрої не желатинізованої піни, рН	рН=2,5-3	рН=4,0
3	Час желатинізації КФП, хв.	$\tau=1-1,5$	$\tau=1-5$ хв
4	Концентрація вільного газоподібного формальдегіду в робочій зоні виробництва КФП, мг/м ³	$C=1-2$ мг/м ³ (ГДК=5мг/м ³)	$C=2-4$ мг/м ³ (ГДК=5мг/м ³)
5	Концентрація вуглекислого газу CO ₂ в робочій зоні до / під час виробництва КФП, мг/м ³	0,03/0,04	0,03/0,05
6	Розміри і об'єм зразка КФП до сушки, см\см ³ /	№1:14смх16,5смх21с м=4851 см ³ /	№1:14смх16,5смх 21см=4851 см ³

7	Вага зразка КФП до сушки, г/ Вага зразка КФП після сушки, г	Мм1=124 г/Мс1=44 г/ 40,024г Мм2=290г Мм2=154г/Мм2=101,г	Мм=134 /Мс=50 г
8	Усадка мокрого КФП лінійна/об'ємна,% Усадка після 48 год.сухого КФП лінійна/об'ємна,% Усадка після 30 днів сухого КФП лінійна/об'ємна,%	$\Delta L_1=1\% / \Delta V_1=2\%$ $\Delta L_1=2,5\%(2,7\%)$ $\Delta V_1=6,1\%$ $\Delta L_2=2,6\%(2,7\%)$ $\Delta V_2=6,18\%$	$\Delta L=1,1\% /$ $\Delta V=1,33\%$ $\Delta L=4\%(6\%)$ $\Delta V=6.4\%$
9	Густина КФП, мокрого(2год), г/см ³ ; кг/м ³ Густина КФП сухого (48год) , г/см ³ : кг/м ³ Густина КФП сухого (30 днів) , г/см ³ : кг/м ³	$\rho_1=0,025г/см^3=25кг/м^3$ $\rho_2=0,017г/см^3=17$ кг/м ³ $\rho_1=0,01г/см^3=10кг/м^3$ $\rho_1=0,088г/см^3=8,8кг/м^3$ $\rho_2=0,0104г/см^3=10,4$ кг/м ³ ; $\rho_2=0,006г/см^3=6,0$ кг/м ³ ;	$0,027г/см^3=27кг/м^3$ 3 $0,011г/см^3; 11$ кг/м ³ $0,0093г/см^3; 9,3$ кг/м ³

РОЗДІЛ 3 РЕЗУЛЬТАТИ І ОБГОВОРЕННЯ

3.1 . Вивчення впливу хімічних акцепторів газоподібного формальдегіду на емісію вільного газоподібного формальдегіду при проготуванні пінопласту

Як зазначає історія, процес виділення газоподібного формальдегіду в КФ пінопластах відбувається завдяки наявності поліоксиметилену, який не реагує з карбамідом і формальдегідом, а замість цього сприяє утворенню метиленових ефірів і формальдегіду, завдяки наявності метилольних груп в КФС. Гідроліз та термічний розклад метилового похідного КФС, який вважається головним джерелом виділення газоподібного формальдегіду, також сприяє утворенню метилольних груп, які потім розкладаються під впливом атмосферної вологості на формальдегід реак. №1-3..



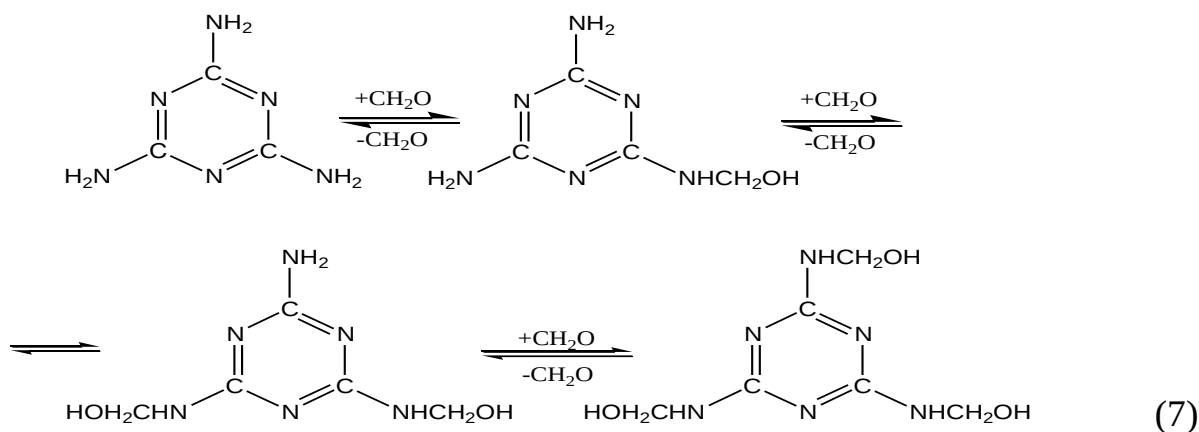
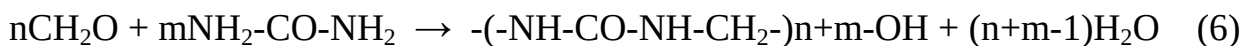
Під час процесу сушіння пінопласту значна кількість вільного газоподібного формальдегіду видаляється з матеріалу разом з вологою. У цей же час поліформальдегід, який залишається у піні, продовжує заповнювати пори матеріалу вільним формальдегідом, що призводить до підвищення його концентрації в об'ємі пінопласту.

Хімічний механізм нейтралізації газоподібного формальдегіду в складі КФС реак. 4-5:



Хімічні реакції нейтралізації диметилolkарбаміду в кислому середовищі та його нагрівання призводять до утворення поліметиленкарбаміду (ПМК), який є нетоксичним, негігроскопічним та нерозчинним у воді, ацетоні, спирті та інших органічних речовинах. Високомолекулярний ПМК може частково розпадатися на низькомолекулярні олігомери в неорганічних розчинниках,

таких як HCl, HNO₃ та H₃PO₄. Вільні аміногрупи мелаїну в МФС поступово реагують з формальдегідом, утворюючи похідні монометилолу, диметилолу та триметилолу. Ці реакції є екзотермічними і відбуваються досить швидко, при цьому рівновага сильно зміщена вправо (константа рівноваги при 80°C становить 0,04), що робить їх майже необоротними (реак. 6-7).



Важливою характеристикою для пінопластів є вміст сухої речовини смоли, оскільки він впливає на усадку піни. Щоб створити піну, використовують смоли з меншою в'язкістю, що дозволяє їм краще змішуватися з іншими компонентами і збільшувати час спінювання. Збільшення в'язкості смоли може привести до скорочення часу спінювання і погіршення якості пінопластів. Як правило, рівень вільного газоподібного формальдегіду в пінопластах перевищує допустиму норму 5 мг/м³. Тому було проведено численні дослідження з метою зменшення виділення цього газу в пінопластах. Для цього вивчали вплив різних акцепторів формальдегіду на смолу і безпосередньо на піну. Результати експериментів з додаванням рецепторів до смол і піни наведені в таблиці 3.1 Додатка Б. Крім того, змішування смоли з водою може призвести до коагуляції смоляної композиції.

На малюнку 3.1 наведено графік, що демонструє залежність викидів газоподібного формальдегіду з, та без автоматизованого аналізу пін PPS-Ecoizol, яка була приготовлена з сечовини-формальдегідної суміші та сушена протягом 24 годин при 20°C. Аналіз проводився за допомогою

автоматизованого аналізатора газоподібного формальдегіду MIS-98170 (див. Додаток В). Концентрація була додана до лічильника, що підтверджує дані таблиці 3.2. Згідно з результатами, введення 0,5-1,0% сечовини як акцептора газоподібного формальдегіду до піни KFS зменшує виділення газоподібного формальдегіду в 2-4 рази при приготуванні піни з KFS.

Особливо ефективним є той факт, що застосування акцептора №7 при температурі 35-40°C протягом 24 годин значно зменшує виділення газоподібного формальдегіду з піни КФС. Це було показано на малюнку 3.1. Встановлено, що введення акцептора №7 у кількості 0,5-1,0% під час сушіння піни KFS протягом 4 годин при 20°C зменшує виділення газоподібного формальдегіду в 5-7,5 разів. Також виявлено, що навіть після 24 годин зразок, що містить 1% акцептора №7, виділяє найменше газоподібного формальдегіду. Але варто зазначити, що при нагріванні висушеного зразка до температури 35-40°C виділення газоподібного формальдегіду з піни різко збільшується.

Дослідження, спрямовані на підвищення ефективності виготовлення карбамідоформальдегідних пінопластів, демонструють, що додавання до смоли карбаміду у кількості 1% (за вагою смоли) дозволяє в декілька раз знизити рівень вільного газоподібного формальдегіду порівняно з оригінальною смолою та прототипами, що використовуються в виготовленні пінопласту для ізоляції. Це пояснюється тим, що в оригінальній піноутворюючій композиції міститься низький рівень вільного газоподібного формальдегіду, а також значно менший обсяг вільного газоподібного формальдегіду, який утворюється під час затвердіння піни та висушування, завдяки зв'язуванню з перевіреними рецепторами. Це дозволяє уникнути викидів газоподібного формальдегіду під час виробництва невеликого обсягу пінопласту. Застосування цієї технології має великий потенціал у промисловій галузі та в будівництві.

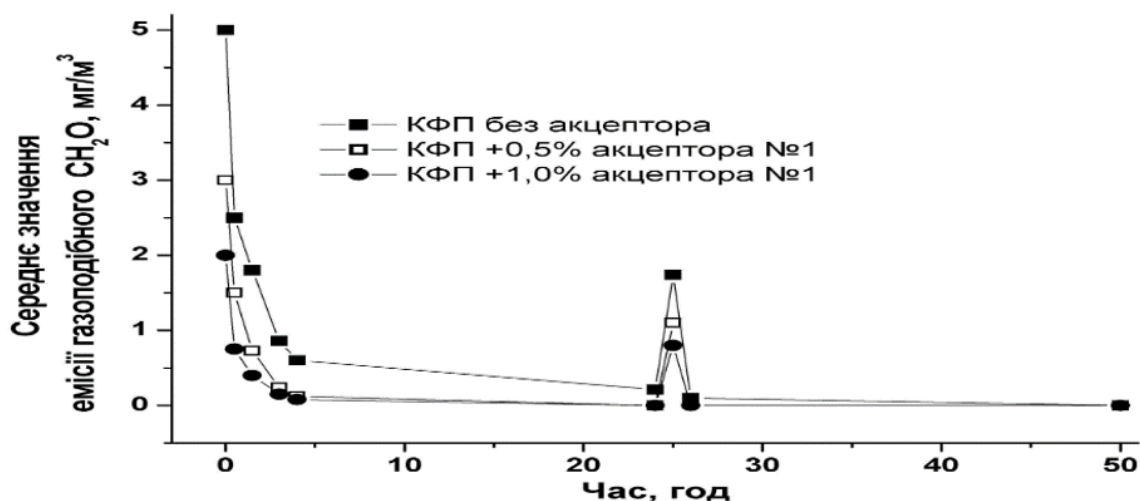


Рис. 3.1. Графічна залежність емісії газоподібного формаль-дегіду після приготування та сушки КФС-пінопласту КПП –Екоізол (через 25 год при 40оС) без та з додаванням акцептора №1($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ різної кількості(на МІС-98170).

За результатами проведених досліджень встановлено, що використання сечовини, меламіну та інших формальдегідних акцепторів і меламіну в процесі виготовлення КФС пінопласту значно знижує рівень викидів вільного газоподібного формальдегіду порівняно зі зразками, виготовленими без застосування цих компонентів рис. 3.1..

Так, з свіжоприготовленої піни КФС викидів вільного газоподібного формальдегіду не зафіксовані на недопустимому рівні -5 mg/m^3 , що свідчить про високу ефективність цих компонентів. Результати вимірювань показали, що відсутність сечовини та інших акцепторів може призвести до значного збільшення рівня викидів вільного газоподібного формальдегіду в робочій зоні. Отже, використання цих компонентів у виробництві пінопласту є ефективним і сприяє зниженню негативного впливу на довкілля та здоров'я людей. Як видно з графіка, меламіновмісні піни мали найнижчі швидкості виділення газоподібного формальдегіду — спостерігалися найнижчі концентрації емісії газоподібного формальдегіду до 5 ppm. Тому у разі пінопластів із КФС, до якої додані акцептори (сечовина та меламін), виділення вільного газоподібного формальдегіду в атмосферу після його виготовлення

та подальшого висихання є в декілька раз нижчим, ніж для пінокомпозиційного матеріалу без добавок цих акцепторів.

На основі даних, отриманих при моніторингу кількості газоподібного формальдегіду, що виділяється в піні, дещо кращі результати спостерігалися при використанні 0,1% меламіну (від маси смоли) порівняно з використанням 1% карбаміду, що вказує на те, що меламін використовується для приготування KFS-пін. за цих технічних умов — тобто він був доданий до піноутворюючого розчину пінної композиції перед його приготуванням, а не до КФС — показуючи себе, як активний акцептор газоподібного формальдегіду. За цих умов меламін, який є більш реакційноздатним щодо газоподібного формальдегіду, сильніше зшиває полімерну структуру, якщо входить до складу олігомерів сечовини-газоподібного формальдегіду, ніж карбамід.

Шляхом підвищення гігієнічних властивостей сечовинно-формальдегідної смоли, знижуючи виділення газоподібного формальдегіду під час її виготовлення та використання, можна прийти до висновку, що карбамід та меламін, які є ефективними акцепторами газу, діють по-різному. ..

3.2. Дослідження впливу вспінювачів на зменшення усадки пінопласту.

На основі наукових досліджень [8-12] та практичного досвіду відомо, що пінопласти та поропласти на основі карбамідо-формальдегідних смол (пінопалсту) мають значний недолік під час їх нанесення та використання. Цей недолік проявляється у суттєвому зменшенні лінійних та об'ємних розмірів КФ пінопласту після повного висихання. Лінійна усадка може становити 5-8%, а об'ємна може досягати 15-22%. Це призводить до зміни розмірів виробу з пінопласту, формуванню тріщин, отворів, зниженню фізико-механічних властивостей і, передусім, міцності, а також тепло- і звукоізоляційних характеристик. Крім того, пінопалст може відокремлюватися від форми та опалубки, в якій він заливається, утворюючи порожнини і провали в ізоляції.

У результаті, тепло- і звукоізоляційні властивості зменшуються на 15-25%. Це часто вимагає повторного заповнення тріщин і порожнин новим пінопластом, але це також не гарантує повної щільності отриманого матеріалу. Виправити цей недолік після затвердіння та висихання пінопласту механічними або іншими методами неможливо, оскільки це залежить від внутрішньої структури пінопласту з його відкритими порами, які формуються під час затвердіння пінопластичної піни і процесу сушіння пінопласту під час нанесення та використання.

Таким чином, науковці поставили перед собою завдання зменшити цю усадку при виготовленні та після сушіння пінопласту до мінімальних значень, а саме 2-6%. Така мінімальна усадка майже не впливає на фізико-механічні властивості, теплоізоляцію та зовнішній вигляд пінопласту, не залишаючи видимих дефектів у його структурі. Для досягнення цієї мети проводились розширені дослідження та використання нових методів виготовлення пінопласту.

Отримані результати показали, що шляхом оптимізації внутрішньої структури пінопласту та розробки нових рецептур та технологій вдається значно знизити усадку до бажаних значень. Це досягається шляхом контролю концентрації смоли, її розчинення в воді та змішування з піноутворювачем та затверджувачем з використанням передових методів технологічного процесу.

Застосування нових розробок та технологій виготовлення пінопласту дозволяє досягти високої щільності матеріалу, запобігти утворенню тріщин та провалів, а також забезпечити стабільні фізико-механічні та теплоізоляційні характеристики. Такий пінопласт має відмінну міцність, стійкість до теплових та звукових навантажень, а також довговічність у використанні.

Отже, нові дослідження та технології виготовлення пінопласту дозволяють подолати недоліки карбамідо-формальдегідних пін та поропласту, забезпечуючи високу якість та ефективність тепло-і звукоізоляції.

3.3. Результати випробувань акцепторів і вспінювачів на дослідно-промисловій установці виготовлення пінопласту.

Всі нище вказані випробування ми проводили на установці ПНА2000 ДМУ для виробництва пінопласту яка зображенна на рисунку 3.2.

Рис. 3.2. Промислова установка ПНА2000 ДМУ для виробництва пінопласту



Установка складається з піногенератора, насоса який подає піну, насос у якому знаходяться розчини, компресора повітря і з шлангів через які подаються піни і сировина.

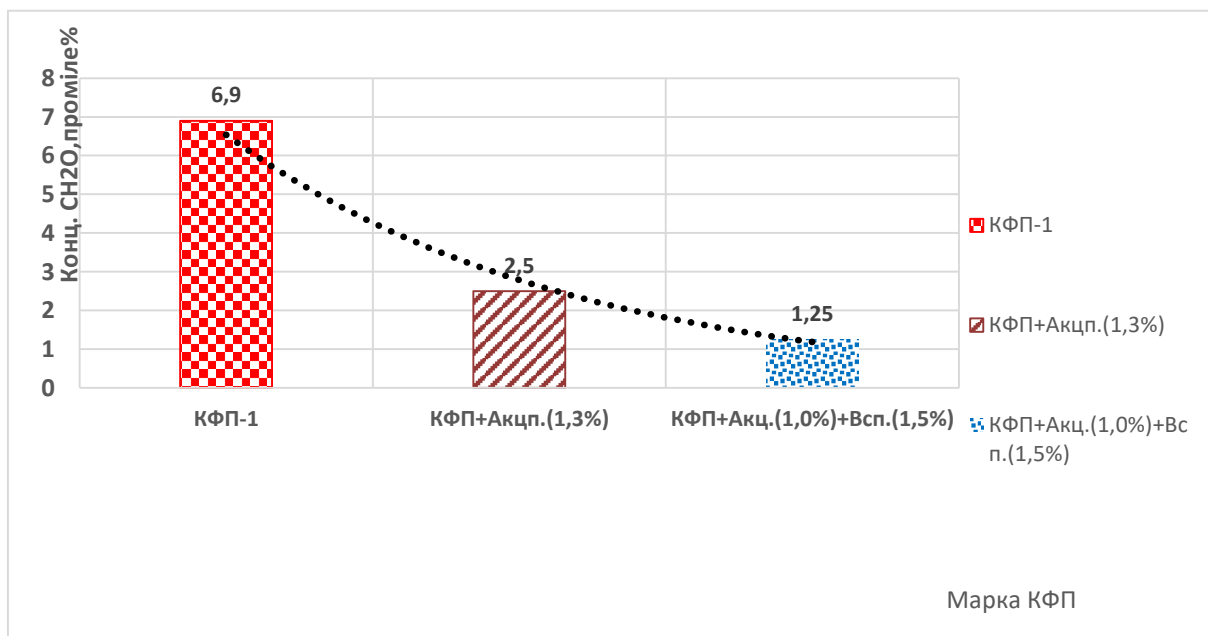


Рис. 3.3. Залежність емісії (концентрації CH₂O в ppm(мг/м³)) газоподібного газоподібного формальдегіду (авт.аналіз.МІС-98170) під час виготовлення та сушки промислового поропласту.(1- пінопласт без добавок

КФП-1; 2-пінопалст з додаванням акцептора газоподібного формальдегіду КФП-18, 3- пінопалст з підвспінювачами та акцептром КФП-11..

Композиційна суміш яку ми досліджували була для першого випробування чиста, тобто без добавок, результати якої ,неведено у таблиці 3.1. Для другого випробування ми використовували склад піноутворюючої композиції з акцепторами газоподабного формальдегіду та вспінювачами, результати визначення дифузії та усадки наведені в таблиці 3.2. На основі цих експериментальних даних які наведені в таблицях 3.1 і 3.2 були побудовані графіки залежності виділення газоподібного формальдегіду з акцепротами та вспінювачами і також без, при синтезі та сушці пінопласту марки КФП-18.

Як видно з гістограм рис. 3.3. концентрація ,яку ми визначали за допомогою газоаналізатора формальдигіду МІС-98170, в робочій зоні падає в 3,1 рази (з 6.9‰ проміле КФП-1 до 2,6‰ CH_2O . Тобто вона менша для пінопласту, композиція якого складається 1.3‰ акцептора Гранично допустима концентрація не перевищувала 5‰. CH_2O .

Це можна стверджувати, що додавання акцептора газоподібного формальдегіду та вспінювача до складу пінопласту повністю забезпечує безпечні умови для виготовлення та експлуатації пінопласту. Такі умови не можна забезпечити навіть у закритих приміщеннях зі значно нижчими рівнями газоподібного формальдегіду, що відповідають нормам ГДК на робочих місцях.

Це підтверджується дослідженнями, які показали, що такі модифікації пінопласту можуть позитивно впливати на якість повітря та умови праці для працівників. Тому, введення таких складових може бути ефективним заходом для забезпечення безпеки праці при роботі з пінопластом. Ці модифікації КФП також можуть відігравати важливу роль у захисті навколишнього середовища, оскільки вони знижують рівень викидів формальдегіду у повітря. Це може мати позитивний вплив на здоров'я людей та довкілля в цілому.

Отже, додаткове використання акцептора газоподібного формальдегіду та підспінювача може стати ефективним способом для забезпечення безпеки праці та захисту навколишнього середовища при виготовленні та роботі з пінопластом.

Також ми визначили густину зроблених нами зразків пінопласту з додаванням акцептора N1 та N2 та підспінювача, в порівнянні із чистим зразком. На наведених гістограмах рисунку 3.5 і 3.6. видно, що при введенні акцептора властивості пінопласту покращуються, тобто призводить до зменшення ваги і пінопласт стає більш пористіший на 35%, виділення формальдегіду зменшується з 10кг/м³ до 6,5 кг/м³. Це покращує його тепло і звукоізоляційні властивості.

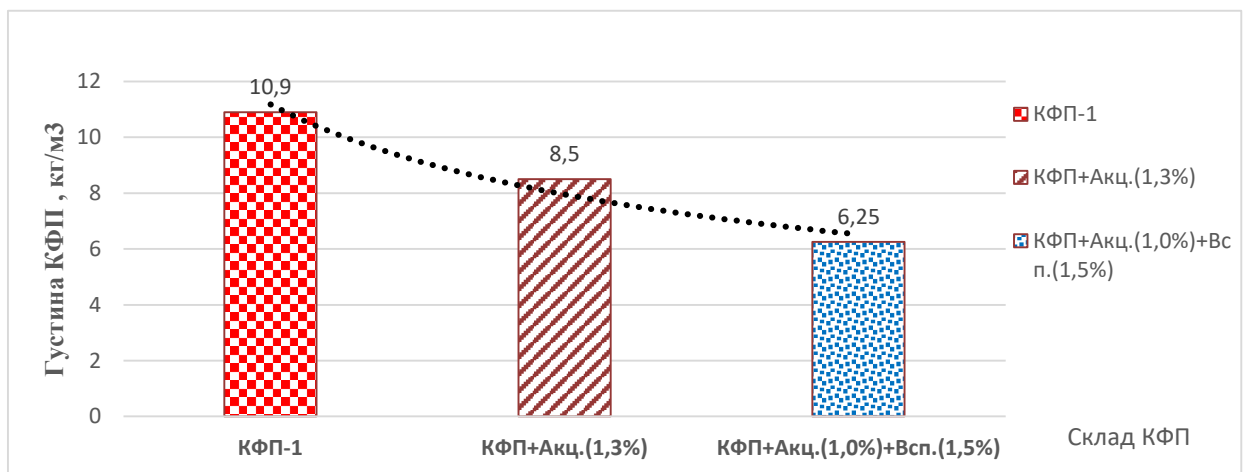
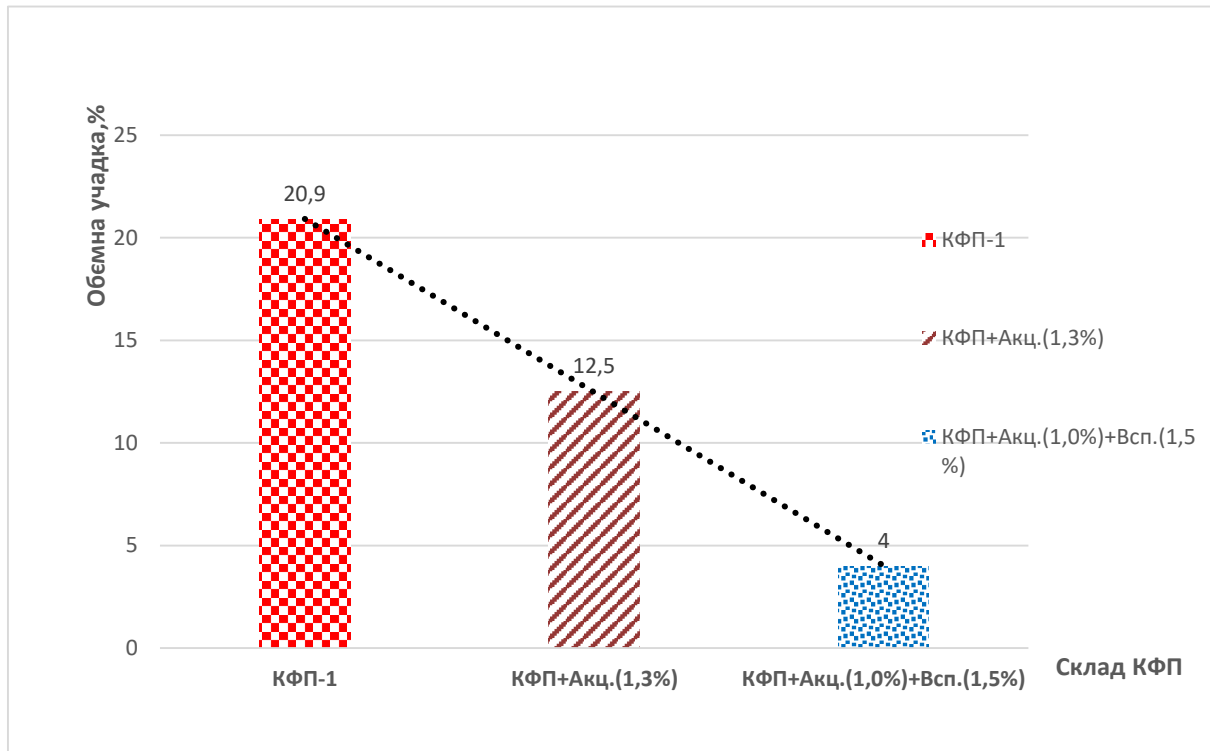


Рис. 3.4. Залежність густини промислового поропласту після виготовлення та сушки-48 год, (1- пінопалст без добавок КФП-1; 2-пінопалст з додаванням акцептора газоподібного формальдегіду КФП-18; 3- пінопалст з підспінювачами та акцептром КФП-11

Також були проведені заміри зразків пінопласту для розрахунку і дослідження його лінійних та об'ємних розмірів. Результати наведені на рисунку 3.5 і 3.6. Лінійна усадка зменшується з 12,6 % до 1,5% , це кардинальна різниця в 10 разів яка дуже сильно покращує щого теплоізоляцію і дозволяє використовувати його в теплоізоляції будинків.

Рис. 3.5. Залежність лінійної усадки промислового поропласту після виготовлення та сушки-48 год, (1- пінопласт без добавок КФП-1; 2-пінопласт з додаванням акцептора газоподібного формальдегіду КФП-18; 3- пінопласт з підвспінювачами та акцептром КФП-11.



.Порівняно з лінійною зміною розмірів, об'ємна зменшується тільки на 5%, від зразка КФП без добавок у якого усадка-20%, а після введення 1,3% акцептора і 1,5% вспінювача, усадка зменшується до 4% , що зменшує загальну усадку КФП (зміну розмірів) в 5-10 раз.

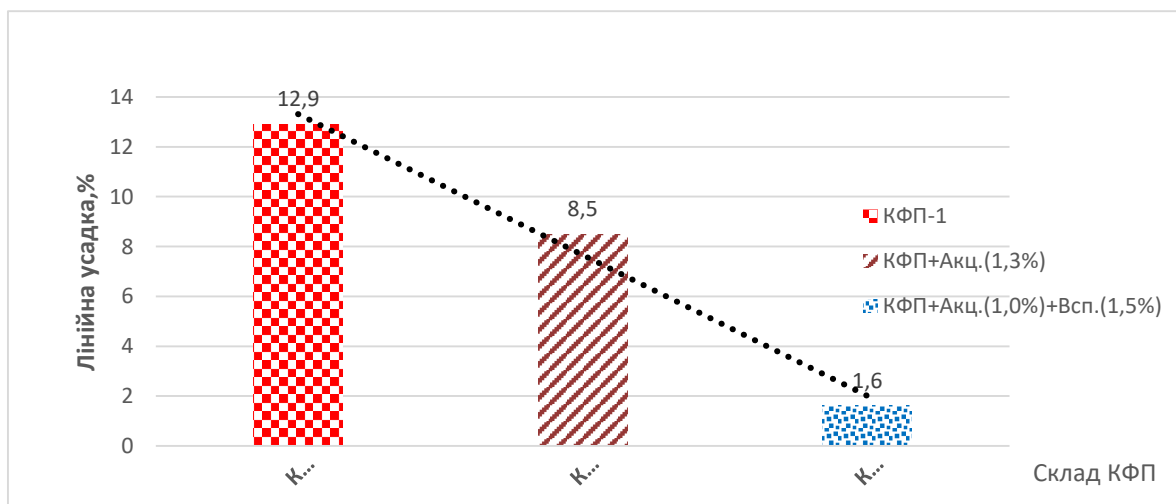


Рис .3.6. Гістограма залежності лінійної усадки КФП від складу та кількості акцептора і підвспінбвача.

3.4 . Вивчення впливу хімічних акцептора, вспінювача на величини термінів тузавіння, затвердження та мехінчної місності КФС пінопластів.

В методиці, згаданій у розділі 2.7, було визначено час затвердження на спеціальному приладі Віка та глибину проникнення ідекатора приладу в пінопласт КФС за постійної температури 20 °С. Згідно з інструкцією ГОСТ 15088-83, результати цих досліджень наведені в таблицях 3.7 та 3.8.

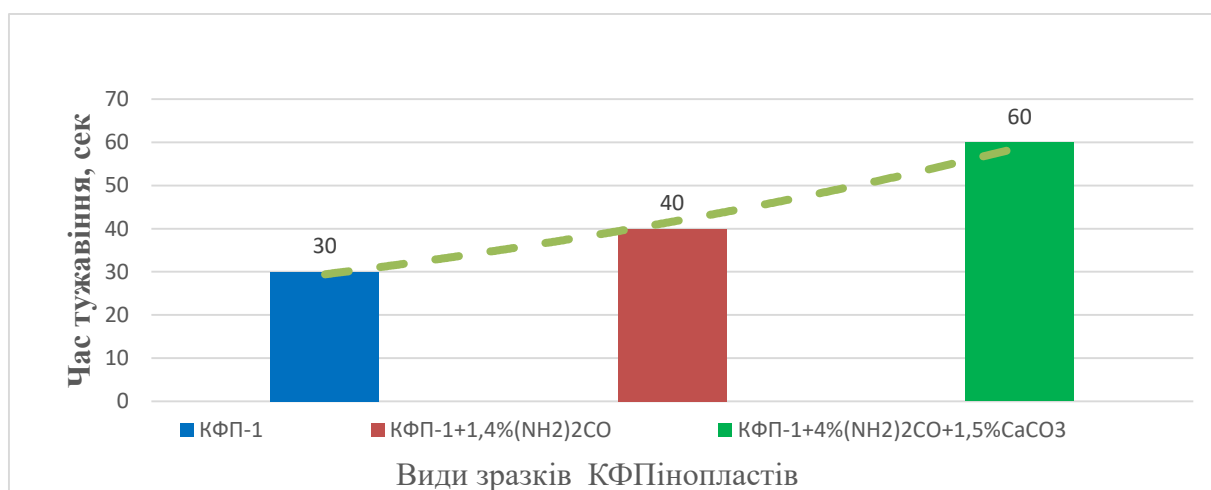


Рис.3.7. Залежність часу тузавіння та затвердження КФС пінопластів від кількості і якості добавок, акцептора газоподібного формальдегіду (NH₂)₂CO і підвспінювача(CaCO₃), що покращують властивості поропласту.

На Рис. 3.7 показано залежність часу висихання та затвердження зразків пінопласту при додаванні до нього (NH₂)₂CO (яке виступає акцептором) та

CaCO (яке виступає підвспінювачем) з метою поліпшення властивостей КФП

Таб. 3.2. Характеристики карбамідо-формальдегідних смол, для приготування пінопласту типу пінопалет				
№	Показники	Марка Карбамідо-формальдегідної смоли		
№		КПС-Г, ТУ-У 20.16-43547774-1-2020 для пінопласту		КПС-ГМ (модифіков.) Для пінопласту
		ТУ-У	Факт	
0	Зовнішній вигляд	Однорідна суспензія від білого до світло коричневого кольору, допускається стійка домішка.		Однорідна суспензія від білого до світло коричневого кольору, допускається стійка домішка.
1	Умовна вязкість по віскозиметру ВЗ-246, сопло діаметром 4 мм, с	17 – 25	20,0	17,0
2	Масовая доля вільного формальдегида, % не більше	0,25	0,17	0,15
3	Массовая доля сухого остатка, нелетких речовин при 105оС, %	51 – 56	54,3	57,4
4	Концентрация водородных понов, рН	7,5 – 8,5	8,0	8,24
5	Час желатинизації при 20°С, хв.	При 20°С 5 – 20	18,0(4%НЗРО4)	30,0(8%НЗРО4)
6	Гранична змішуваність з водою, при якій спостерігається коагуляція, по об'єму	1 : 1	1:2	1:2
7	Кратність піни в співвідношенні об'ємів смоли до об'єму піни, при 24 час.,	±	1:4	1:8
8	Густина КФПін сухого (48год) , г/см3: кг/м3 Густина КФПін сухого (30 днів) , г/см3: кг/м3	±	0,0156г/см3 =15,6кг\м3 0,0108г/см3= 11,8 кг/м3	0,0126г/см3 = 12,6 кг\м3 0,0098 г/см3=9,8 кг/м3
9	Концентрація вільного газоподібного формальдегіду в повітрі робочої зони, мг/м3 (ГДК=5мг/м3)	ГДК=0,05мг/м3	1,0	0 ,1
10	Усадка сухого КФП лінійна, %см. Усадка сухого КФП об'ємна,% см3	±	ΔL=8% ΔV=15%	ΔL=4% ΔV=10%

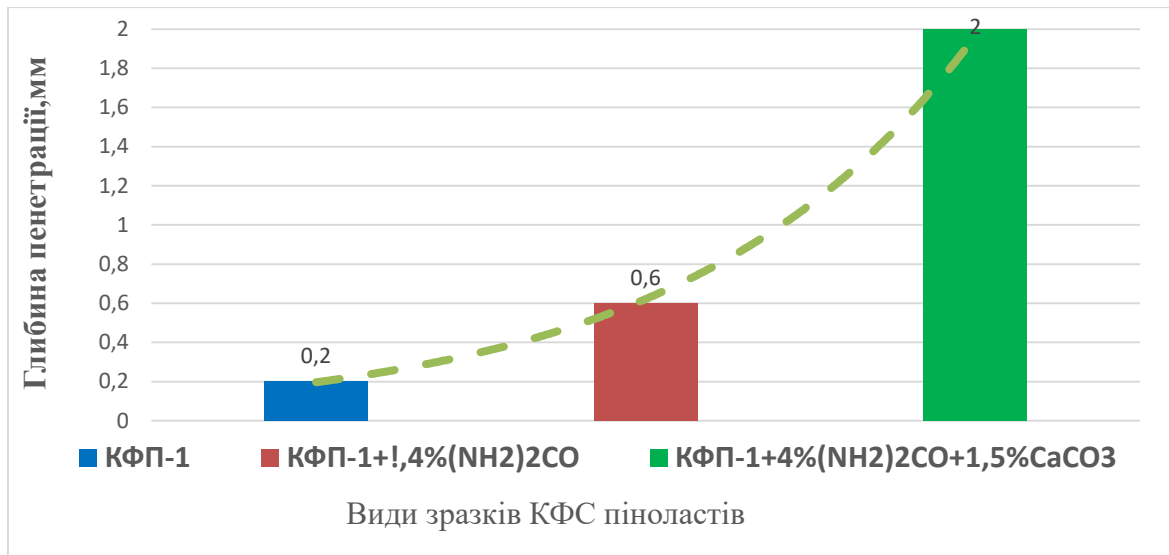


Рис.3.8. Залежність глибини penetрації голки приладу Віка після затвердження КФС пінопластів від кількості і якості добавок: акцептора газоподібного формальдегіду $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ і підвспінювача CaCO_3 , що покращують властивості поропласту.

Дані приведені на Рис. 3.7 вказують на те, що час висихання пінопласту зростає у 2 рази - з 30 с до 60 с, коли в зразок вводять CaCO_3 та $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$, що нейтралізують H_3PO_4 (затверджувач). Це зменшує густину та усадку пінопласту, не погіршуючи його фізико-хімічні властивості. Зразки, до яких додано акцетори і підвспінюючі речовини, мають меншу твердість, опір та міцність, що призводить до збільшення глибини проникнення голки з 0,2 мм для зразків без добавок до 2 мм при додаванні речовин. КФП пінопласт стає менш міцним та крихким.

ВИСНОВКИ

1. За результатами які ми отримали під час проведення дослідів розроблено методику а також лабораторну установку для виміру викидів газоподібного CH_2O під час виготовлення пінопласту з КФС, з використанням приладу у аналізатора формальдегіду- МІС-98170.
2. Дослідження КФС і КФП показало, що виготовлену промисловим безкомпресійним способом без термічної обробки суміш у піногенераторі спінили стисненим повітрям, а потім змішали з 1% карбаміду, який зменшив вміст вільного газоподібного формальдегіду в смолі в 2 рази порівняно з прототипом після 4 годин сушіння на повітрі .
3. В роботі були порівняні ефективність двох акцепторів формальдегіду, такі як меланін і карбамід, але при введенні в експозицію акцептора меланіну він швидше знижує ефект виділення CH_2O в порівнянні з карбамідом.
4. Введення в склад стандартної композиції пінопласту КФП-1 додатково 1% акцептора та 1,2% підвспінювача дає значний позитивний ефект по зменшенню емісії(концентрації) газоподібного формальдегіду в робочій зоні до значень, що не перевищують ГДК -5‰ проміле(мг/м^3). І одночасно зменшують усадку(зміну розмірів КФП) в 5-10 раз і покращують теплоізоляційні та механічні властивості пінопласту.
5. Додаткове введення в склад стандартної композиції пінопласту КФП-1 додатково 1,3% як акцептора газоподібного формальдегіду карбаміду- $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ та 1,4% як підвспінювача крейди CaCO_3 в 2 рази збільшує час тужавіння і в 5 раз зменшує механічну міцність КФС пінопласту, але це не впливає на покращення його теплоізоційних властивостей та зменшує його густину, що покращує його експлуатаційні властивості.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Берлин А.А. Упрочненные газонаполненные пластмассы / А.А. Берлин, Ф.А. Шутов. – М.: Химия, 1980. – 356 с.
2. 1. Jia, J., & He, M. (2019). Synthesis and properties of carbamide-formaldehyde foams. *Journal of Cellular Plastics*, 55(5), 471-480.
3. Дементьев А.Г., Тараканов О.Г. Структура и свойства пенопластов. – М.: Химия, 1983. – 176 с.
4. Araby, S., & Hassan, M. (2015). Synthesis of carbamide–formaldehyde resin and its application in production of urea formaldehyde foam insulation. *Construction and Building Materials*, 77, 259-264.
5. Development of A Canadian Standard for Urea Formaldehyde Thermal Wall Insulation. The National Research Council of Canada, 2001. – 23 p.
6. Шплет Н.Г. Сверхлегкие эффективные пенопласты для градостроительства / Н.Г. Шплет. – Л.: Стройиздат, 1985. – 64 с.
7. Huang, J., Luo, Z., Wang, H., Chen, H., & Xu, J. (2017). Synthesis of carbamide-formaldehyde foams modified by nano-calcium carbonate. *Journal of Cellular Plastics*, 53(4), 369-379.
8. Овчаров В.Н. Пеноизол – новый тепло-звукоизоляционный материал / В.Н. Овчаров // Строительные материалы, оборудование, технология XXI века . – 2004. – №8. – С.26-27.
9. Berlin A.A. Chemistry and technology of gas-filled high polymers / A.A. Berlin, F.A. Jesters. – М.: Nauka, 1980. – 503 p.
10. Bender J. Handbook of foamed plastics / J. Bender. N.Y., 1964. – 330 p.
11. Ladislav Sedlak. Process for making insulating materials of low combustibility on the basis of foam like urea-formaldehyde resin / United States Patent №3986988, 1974.
12. Werner H. Production of urea-formaldehyde foam/ United States Patent №2559891, 1959.
13. Кругляков П.М. Пена и пенные пленки / П.М. Кругляков, Д.Р. Ексерова. – М.: Химия, 1990. – 432 с.

- 14.Дубяга Е.Г. О структурообразовании в пленках неводных пен как фактор их стабилизации / Е.Г. Дубяга, О.Г. Тараканов, Г.И. Титарова // Коллоид.ж. –1980. – Т.42. – №5. - С. 853-858.
- 15.Urea-formaldehyde foam insulation: A Guide for Owners and Users, US Environmental Protection Agency, 1982.
- 16.Поверхностные явления и поверхностно-активные вещества. Справочник под ред. Абрамзона А.А. и Щукина Е.Д. - Л.: Химия, 1984.- 420с.
- 17.Левінський, Б.В. Дослідження фізико-хімічних властивостей металополімерних колоїдів/Б.В. Левинський, І.В. Бронштейн, І.В. Татарінова// Колод. ж. - 1985. - Т.47. - №6. - С. 1190-1193.
- 18.Кругляков П.М. Вплив високих концентрацій ПАР на властивості полімерних пін / П.М. Кругляков, В.Д. Мальков, Т.М. Хаскова. - НДІТЕХІМ.: Черкаси, 1986. - 35 с.
- 19.Гаджила Р.А. Поверхнево активні речовини у будівництві / Р.А. Гаджила, А.П. Меркін. - Л.: Хімія, 1981. -250 с.
- 20.Виршпа, З. Аминопласты / З. Виршпа, Я. Бжезиньский. – М.: Химия, 1973. – 344 с.
- 21.Bachmann, A. Aminoplaste/A. Bachmann, 2 Aufl,Lp-z, 1970. – 283 p.
- 22.Specification for Urea-Formaldehyde Foam Insulation, ASTM C1029-95, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2002.
- 23.Алексеев, В.Е. Производство карбамидоформальдегидных смол / В.Е. Алексеев // Пластические массы.-2004. – №5. – С. 46-48.
- 24.Курта, С.А. Модификация карбамидоформальдегидных смол на стадии поликонденсации / С.А. Курта, С. В. Федорченко, М.В. Хабер // Вопросы химии и хим. технологии. – 2002. – №3. – С.73-76.
- 25.Петров, К.Г. Механические свойства карбамидоформальдегидных смол в зависимости от их состава / К.Г. Петров, Н.С. Майзель, И.М. Гурман, Н.С Абрамова// Пластические массы. – 1984. – . № 1. – С 31-34.

26. Kuznetsova, V.V. On oscillatory processes of curing urea resins / V.V. Kuznetsova, O.S. Matyukhina, I.M. Gurman, M.I. Sealing // High-molecular compounds. - 1989. - No. 3. - From 168-171.
27. Валуйський, В.П., Дослідження фізико-механічних характеристик жорстких пінополіуретанів/В.П. Валуйський, Ю.Л. Єсипов // Механіка композиційних матеріалів. - 1989. - №3. - С.414-418.
28. Груздев, Н.В. Оценка влияния на физико-механические характеристики дефектов структуры фенольных пенопластов / Н.В. Груздев, В.П. Валуйский // Пластические массы. – 1990. – №9. – С. 16-18.
29. Дементьев, А.Г. Строение карбамидоформальдегидных пенопластов с взаимопроникающими ячеистыми структурами / А.Г. Дементьев, Б.В. Левинский, О.Г. Тараканов // Пластические массы. – 1986. – №5. – С. 16-17.
30. Salazkin, SN. Modifikácia močovinoformaldehydových živíc fenolmi rôznych štruktúr / CH. Salazkin, V.K. Shitikov, L.N. Machulenko, A.I. Nechaev, V.O. Shershneva, O.F. Polishchuk // Plastové hmoty. - 2000. - Č. 10. - Od 24.-26.
31. Ayilmis, N., Jarusombuti, S., Fueangvivat, V., Bauchongkol, P., & Bauchongkol, N. (2009). Effect of compatibilizer on the properties of rubber wood flour/polypropylene composites. Polymer-Plastics Technology and Engineering, 48(4), 399-407.
32. Edoga, M. O. Fortification of Urea-Formaldehyde Adhesives for Wood Products / M. O. Edoga // Journal of Science, Technology, and Mathematics Education, Jostmed, 5(1), 2002, p. 187-200.