

СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені Володимира Даля

Факультет _____ інженерії _____

(повне найменування факультету)

Кафедра _____ хімічної інженерії та екології _____

(повна назва кафедри)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту

освітньо-кваліфікаційного рівня _____ магістр _____

(бакалавр, магістр)

спеціальності _____ 161– Хімічні технології та інженерія _____

(шифр і назва спеціальності)

спеціалізації Хімічні технології переробки полімерних та композиційних матеріалів

на тему: Дослідження процесу виготовлення композиційного теплоізоляційного матеріалу на основі карбамідоформальдегідної смоли

Виконав: здобувач вищої освіти групи _____ ТПП-19Дм _____

_____ Гречишкіна О.В. _____

(прізвище, та ініціали)

(підпис)

Керівник _____ Римар Т.Е. _____

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Завідувач кафедру _____ Суворін О.В. _____

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Рецензент _____ Целіщев О.Б. _____

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Северодонецьк – 2020 р.

СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені Володимира Даля

Факультет _____ інженерії _____
Кафедра _____ хімічної інженерії та екології _____
Освітньо-кваліфікаційний рівень _____ магістр _____
(бакалавр, магістр)
Спеціальність _____ 161 – Хімічні технології та інженерія _____
(шифр і назва)
Спеціалізація _____ Хімічні технології переробки полімерних та композиційних матеріалів _____
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедрою ХІЕ

О.В. Суворін

“ _____ ” _____ 2019 р.

З А В Д А Н Н Я

НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Гречишкіній Ольгі Володимирівні

1. Тема проекту (роботи) :

Дослідження процесу виготовлення композиційного теплоізоляційного матеріалу на основі карбамідоформальдегідної смоли

Керівник проекту (роботи) Римар Тетяна Ернстівна, к.т.н., доцент

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

затверджені наказом по університету від 19.11.2020 р. № 162/15.25

2. Строк подання здобувачем вищої освіти проекту (роботи) - 15 січня 2021 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи): літературні, патентні та регламентні дані.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

Вступ. 1. Техніко-економічне обґрунтування. 2. Технологічна частина. 3. Контроль та автоматизація виробництва. 4. Охорона праці. 5. Екологія і охорона навколишнього середовища. 6. Техніко-економічні розрахунки. Висновки. Анотація. Література. Додатки.

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

1. Рецепти полімерних композицій (1 аркуш).
2. Технологічна схема виробництва (1 аркуш).
3. Креслення основного апарату (1 аркуш).
4. Креслення пістолета-розпилювача (1 аркуш).
5. Будівельно-компоновочне креслення (2 аркуші).
6. Техніко-економічні показники (1 аркуш).

6. Дата видачі завдання - 19 листопада 2020 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор №	Назва етапів дипломної роботи (проекту)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Вступ	25.11.2020	
2	Аналітичний огляд	30.11.2020	
3	Обґрунтування вибраного напрямку роботи	05.12.2020	
4	Теоретична частина	15.12.2020	
5	Експериментальна частина	20.12.2020	
6	Економічна частина	30.12.2020	
7	Висновки. Додатки	05.01.2021	
8	Графічна частина	10.01.2021	

Здобувач вищої освіти

_____ Гречишкіна О.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

_____ Римар Т.Е.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Реферат

Пояснювальна записка містить 113 сторінок друкованого тексту, 16 рисунків, 25 таблиць, 99 використаних літературних джерел.

Аркушів графічної частини - 9.

ПОЛІМЕРИ, ПІНОПЛАСТИ, КОМПОЗИЦІЙНИЙ
ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНИЙ МАТЕРІАЛ, КАРБАМІДОФОРМАЛЬДЕГІДНА
СМОЛА, ГРАНУЛЬОВАНИЙ НАПОВНЮВАЧ.

У даній магістерській роботі було досліджено властивості композиційного теплоізоляційного матеріалу на основі карбамідоформальдегідної смоли.

При отриманні теплоізоляційних матеріалів на основі карбамідоформальдегідної смоли використовується метод хімічного спінювання при температурі навколишнього середовища за допомогою газоутворювача, що штучно вводиться у сировинну композицію. Технології холодного спінювання мають такі важливі переваги перед технологіями гарячого спінювання, як мала енергоємність і простота процесу виробництва. Однак холодним спінюванням, не вдається отримати міцні і безусадкові матеріали через великі залишкові деформації, які протікають при сушці матеріалу. Тому, в даній роботі для усунення вказаних недоліків, пропонується у сировинну композицію вводити гранульований наповнювач. Ведення гранульованого наповнювача в карбамідоформальдегідне зв'язуюче дозволяє отримувати міцний і безусадковий конструкційно - теплоізоляційний матеріал з однорідною структурою.

					ПД.12.01.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ документа	Підп.	Дата		7

ЗМІСТ

	Стор.
Вступ	7
1. Аналітичний огляд	8
2 Обґрунтування вибраного напрямку роботи	30
3 Теоретична частина	32
4 Експериментальна частина	45
5 Охорона праці	83
6 Економічна частина	98
Висновки	100
Анотація	101
Annotation	102
Список літератури	103
Додатки	113

ВСТУП

Приблизно половина всієї споживаної в світі енергії йде, як відомо, на опалення будівель і споруд. Цілком логічно тому, що важливою складовою частиною практично всіх національних програм перспективного розвитку, орієнтованих на всесвітню економію паливно - енергетичних ресурсів, є забезпечення максимально ефективної теплоізоляції систем обігріву та огорожуючих конструкцій зведених будинків і споруд. Проблема обмеженості енергетичних ресурсів перетворюється в гостру кризу в світі, викликаючи багато політичних і економічних питань. Проблема обмеження ресурсів відноситься до всіх промислово розвинених країн і країн, що розвиваються. Це важливе питання стосується захисту навколишнього середовища, зменшення забруднення міста, енергетичних обмежень, а також необхідності оптимізовано використовувати ресурси в наш час більше, ніж будь - коли. Крім того, необхідно спробувати запобігти втратам енергії [1].

Будівельна індустрія житла та інших громадських будівель потребує ефективних будівельних матеріалах, а також збільшення якості та асортименту їх випуску [2]. У зв'язку з постійно зростаючими витратами на опалення і кондиціонування житлових і виробничих приміщень питання енергозбереження завжди знаходяться під пильною увагою всіх рівнів влади. Брак ефективних теплоізоляційних матеріалів призводить до великої втрати теплової енергії. Через стіни житлових приміщень втрачається до 45% тепла, через віконні і дверні прорізи - 33%, через горища і підлоги - 22% теплової енергії [3, 4].

Таким чином, теплоізоляція є одним з найбільш ефективних засобів економії енергії, використовуваної для опалення та охолодження будинків, а визначення і вибір оптимального матеріалу для ізоляції є головною метою багатьох науково - дослідних робіт.

					ПД.12.01.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ документа	Підп.	Дата		9

1. Аналітичний огляд

Теплоізоляція будівельних конструкцій пінопластами дозволяє підвищити комфортність проживання і значно скоротити витрату енергії на обігрів приміщень.

Якщо врахувати, що щільність пінопластів в 6 - 10 разів менше щільності мінеральної вати, в 4 - 8 разів мінераловатних плит, в 25 - 50 разів - дерева, в 30 - 60 разів - цегли і 100 - 200 разів - бетону та залізобетону, то можна уявити ефективність їх використання для збільшення термічного опору і зменшення маси огорожувальних конструкцій будівель і споруд. Тому багато будівельних фірм відмовилися від традиційних мінеральних утеплювачів на користь більш дорогих, але зате і більш ефективних теплоізоляційних матеріалів - пінопластів [5 - 11].

В останні роки спостерігається інтенсивне зростання обсягів виробництва і споживання теплоізоляційних матеріалів. За даними провідного менеджера з розвитку ТОВ «Дау Кемікал» Юрія Михайловича Голубєва, обсяг цього сегмента ринку зріс з 6-7 млн м³ в 1998 р до 18-20 млн м³ у 2005 році, тобто практично в 3 рази. У 2001-2005 роках щорічний приріст становив понад 25% на рік [12].

За оціночними даними компанії «ТехноНІКОЛЬ» в Україні, ринок кам'яної вати в 2010 році повинен був збільшитися на 15%, а виріс майже на 30%. У 2009 році оцінювали обсяг цього сегмента в 55 тис. тонн, а в 2010 році - в 70 - 75 тис. тонн.

Сегмент ринку екструзійного полістиролу (XPS) в 2010 році зріс на 40 - 50%. Обсяг ринку XPS в 2010 році склав 320 тис. м³, в 2009 році - приблизно 210 тис. м³.

Слід зазначити, що частки ринку теплоізоляційних матеріалів перерозподілились. У 2010 році виробники мінеральної вати випустили 62% продукції. У сегменті XPS досить сильне зростання вітчизняного виробництва спостерігався вже в 2009 році, саме в цей час на ринку з'явилося

					ПД.12.01.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ документа	Підп.	Дата		10

багато українських виробників XPS. Ще в 2008 році частка вітчизняного XPS становила 13%, а в 2009 році вона вже досягала 88%. У 2010 році - 91% [13, 14].

У розрахунку на 1000 осіб населення показник споживання теплоізоляції в Швеції становить 600 м³, США - 500 м³, Фінляндії - 420 м³, Японії - 350 м³ [33].

Як утеплювачі в промислово розвинених країнах (ЄС, США, Канада та ін.) переважно застосовуються волокнисті утеплювачі і будівельні пінопласти. Основним видом утеплювачів є вироби на основі скловолокна, що володіють рядом переваг в порівнянні з мінераловатними виробами. Основним видом будівельного пінопласту, що застосовується в промислово розвинених країнах, є пінополістирол, причому думка про нього як про екологічно шкідливий і пожежонебезпечний матеріал в різних країнах неоднозначна. Легкі бетони, тобто бетони з використанням різних видів пористих заповнювачів за обсягами виробництва займають за кордоном друге місце після важких. За кордоном основна частка легких бетонів витрачається на виготовлення невеликих стінових блоків і збірних несучих конструкцій. Огороджувальні панелі, які є основним видом продукції з легких бетонів у вітчизняній практиці виробляються в дуже невеликих обсягах [15].

Піноматеріали - легкі газонаповнені матеріали пористої будови, що нагадують за структурою затверділу піну. Виготовляються з полімерів, гум, скла, кераміки, алюмінію та інших речовин. Розрізняють піноматеріали замкнуто - пористої і відкрито - пористої структури. При замкнуто - пористій структурі газ заповнює осередки, що не повідомляються між собою, а при відкрито - пористій - осередки повідомляються між собою [16].

Газонаповнені пластичні маси пористої структури отримали назву «пінопласти». Пінопласти - це гетерогенні полімерні матеріали, що містять дисперсну або частково безперервну газоподібну фазу в полімерній матриці.

До пінопластів можна відносити будь-який газонаповнений полімер, отриманий шляхом спінювання і подальшого затвердіння спочатку рідкої або пластично - в'язкої композиції. Використовують різні технологічні прийоми спінювання: механічне перемішування або барботування в присутності піноутворювачів; введення газоутворюючих агентів (речовин, що розкладаються з виділенням газу) або речовин, що взаємодіють з утворенням газоподібних продуктів; насичення вихідної суміші газом під тиском з наступним зниженням тиску; введенням рідин, що швидко випаровуються з підвищенням температури. [17].

Пінопласти можна отримати з більшості існуючих полімерів. Залежно від виду полімеру їх підрозділяють на термопластичні, виготовлені з полімерів з лінійною структурою (полістирол, полівінілхлорид, поліетилен, поліпропілен та ін.) і терморезистивні, виготовлені з полімерів з просторовою структурою (поліуретан, полімерні композиції з фенолоформальдегідних, епоксидних і інших смол) [18].

Теплоізоляційні матеріали можуть бути класифіковані відповідно до їх хімічної або фізичної структури. Найбільш широко використовуємі теплоізоляційні матеріали можуть бути класифіковані в такий спосіб:

- Неорганічні матеріали:
 - пінисті (піноскло);
 - волокнисті (скловата).
- Органічні матеріали:
 - пінисті (пінополістирол, екструдований полістирол, пінополіуретан);
 - волокнисті (мінеральна вата, кокосове волокно, целюлоза).
- Комбіновані матеріали:
 - силікатизований кальцій;
 - гіпсова піна;
 - тонка стружка.

Європейський ринок ізоляційних матеріалів характеризується домінуванням продуктів двох перших груп, а саме неорганічні волокнисті

					ПД.12.01.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ документа	Підп.	Дата		12

матеріали, скловата і кам'яна вата, на частку яких припадає 60% ринку, і органічні пінисті матеріали, розширюється застосування екструдованого полістиролу і в меншій мірі поліуретану, на які припадає близько 27 % ринку [19].

Газонаповнені пластмаси (пінопласти) з вигляду застосовуваних смол і полімерів поділяються на:

- полістирольні, виготовлені зі спіненого полістиролу з добавкою або без добавки антипірену;
- фенольні, виготовлені з резольних або новолачних фенолформальдегідних смол і фенолспіртів;
- поліуретанові, одержувані з полієфірів і поліізоціанатів з добавкою антипірену;
- ПВХ, виготовлені з полівінілхлоридних смол;
- карбамідні, виготовлені з карбамідоформальдегідних смол [20].

Піноматеріали отримують шляхом «спінювання» речовини, що знаходиться у в'язкотекучому або високоеластичному стані. Для цього до складу композицій вводять газоутворюючі агенти - порофори які при нагріванні розкладаються з виділенням газу.

Полімерні спінені матеріали складаються з твердої і газової фаз, змішаних разом з утворенням піни. Отримана піна має полімерну матрицю або матрицю з повітряними бульбашками, або з повітряними тунелями, включеними в неї, які відомі як структури з закритими або відкритими порами. Як правило, пінопласти з закритими порами жорсткі, в той час як пінопласти з відкритими порами гнучкі. На практиці ж подібне розмежування виявляється досить умовним, що пов'язано з особливостями технологічного процесу [21 - 23].

За ступенем жорсткості пінопласти діляться на еластичні (м'які) - пінопласти з напругою стиснення при 50% - ної деформації менше 0,01 МПа, жорсткі - більш 0,15 МПа, напівтверді - пінопласти, що займають проміжне положення [24].

					ПД.12.01.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ документа	Підп.	Дата		13

Сферопласти (або синтактні пінопласти) отримують шляхом змішування мікросфер з полімерною сполучною. Щільність сферопластів залежить від матеріалу мікросфер (скло, полімери, вуглець і ін.), їх питомої ваги і становить від 200 - 300 до 700 - 800 кг / м³ [25].

Піноскло, пінокераміку отримують шляхом випалу шихти, що містить добавки крейди, мармурової муки, коксу та інших речовин, що розкладаються при нагріванні з виділенням в розплавленій масі газоподібних продуктів. Спінений матеріал потім охолоджується. Щільність такого піноматеріала від 100 - 200 до 700 - 1000 кг / м³ [26, 27].

Властивості піноматеріалів залежать від їх хімічного складу, щільності, структури. Чим менше щільність, тим менше і механічна міцність піноматеріалів, але тим краще їх теплоізоляційні властивості. Піноматеріали замкнено - пористої структури відрізняються малим водопоглинанням, зберігають плавучість протягом багатьох років. Піноматеріали на основі полімерів і кераміки - хороші діелектрики. Пінопластмаси на основі фенопластів і поліамідів зберігають працездатність до 200 - 350 °С, піноалюміній - до 400 - 500 °С, пінокераміка - до 800 - 1000 °С [16].

Піноматеріали знаходять застосування в різних сферах промисловості, будівельної індустрії і в побуті; в меблевому виробництві при виготовленні подушок, матраців, підстилок; для ізоляції приладів в приладобудуванні; для ізоляції стін, дахів і будівель в будівництві: у виробництві сендвіч - панелей і плит для будівництва; для теплоізоляції при виробництві холодильників і в рефрижераторному транспорті; у виробництві харчових підносів і контейнерів; при виготовленні упаковки для яєць; у виробництві упаковок різного призначення із застосуванням алюмінієвої фольги; в ізоляції ємностей в хімічній промисловості; у виробництві індивідуальних рятувальних засобів; в радіотехнічних та теплозахисних конструкціях [29, 30].

					ПД.12.01.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ документа	Підп.	Дата		14

1.1 Сировина для виробництва теплоізоляційних матеріалів

При виготовленні газонаповнених пластмас застосовують такі основні компоненти: зв'язуючі, газоутворюючі речовини, поверхнево-активні речовини (ПАР), отверджуючі речовини [17, 31]. Для поліпшення таких властивостей пластмас: міцності, еластичності, теплостійкості і ін. - в пластмаси вводять в певних кількостях наповнювачі, пластифікатори, каталізатори, інгібітори [31]. Ці добавки знижують витрати дорогих полімерів, покращують процес переробки маси і тим самим розширюють області застосування цих пластмас.

Зв'язуючі

Полімерні зв'язуючі - це синтетичні або природні органічні речовини, здатні спонтанно або під дією різних факторів (речовин - отверджувачів, температури і ін.) переходити з рідкого стану в твердий. І як в рідкому стані, так і після затвердіння, мають хорошу адгезію до інших матеріалів. Полімерні зв'язуючі в початковому стані можуть бути високомолекулярними речовинами, речовинами середня молекулярна маса яких (в межах 100 ... 1000) - так званими олігомерами або низькомолекулярними мономерними речовинами. Однак всі вони в процесі затвердіння переходять в високомолекулярні полімерні речовини.

Основний вид полімерних зв'язуючих - синтетичні полімери, одержувані з низькомолекулярних продуктів (мономерів) полімеризацією або поліконденсацією [32].

Наповнювачі

Наповнювачем для отримання спінених матеріалів може служити будь-яка тверда органічна або неорганічна речовина. Введення наповнювачів застосовується з метою поліпшення експлуатаційних характеристик цільового продукту, надання йому різних специфічних властивостей (текстура, колір і т.д.), а також зниження вартості. Наповнювач завжди в тій чи іншій мірі несумісний з полімерної фазою, змінює параметри процесу, і як наслідок макроструктуру і властивості цільового продукту.

					ПД.12.01.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ документа	Підп.	Дата		15

Введенням наповнювачів вирішують матеріалознавчі, технологічні і техніко - економічні завдання. До найважливіших з них відносяться наступні:

- а) підвищення міцнісних властивостей, в тому числі армування;
- б) регулювання термодформаційних характеристик;
- в) надання полімерному матеріалу специфічних властивостей;
- г) регулювання технологічних властивостей (в'язкість розплаву і його стабільність, темп переходу з в'язкотекучого в твердий стан, особливості формування виробів і їх вилучення з оснащення);
- д) надання декоративних властивостей;
- е) зниження вартості використанням дешевих різновидів наповнювачів.

Найважливішою характеристикою наповнювачів є їх морфологія і питома поверхня, від якої залежить ефективність взаємодії з полімерною матрицею, особливо, коли вони, наповнювачі, піддаються обробці поверхнево - активними речовинами, модифікаторами та іншими добавками.

Група дисперсних наповнювачів є найбільш різноманітною за властивостями. Як дисперсні порошкоподібні наповнювачі більш-менш ефективно використовуються практично будь-які продукти, що піддаються подрібненню, як неорганічного, так і органічного походження.

З органічних дисперсних наповнювачів найбільшого поширення набуло деревне борошно, що представляє собою подрібнену і висушену деревину волокнистої структури. Розміри його частинок складають менше 100 мкм, насипна щільність - 150 кг / м³.

В останні роки в якості дисперсних наповнювачів набувають поширення порошкоподібні синтетичні полімери, наприклад, тонкодисперсний фторопласт Ф - 4НТД, який використовується як антифрикційний наповнювач для термореактивних матриць.

З неорганічних тонко- і середньодисперсних наповнювачів найбільшого поширення набули сажа, крейда, каолін і природний діоксид кремнію.

Введення сажі сприяє довговічності виробів, підвищує їх опір світлостарінню.

Крейда у вигляді тонко- і середньодисперсної фракції широко використовується для наповнення поліолефінів і полівінілхлоридів. Каолін з розміром частинок до 1 мкм використовують як структуручі добавки світлопрозорих полімерів, а тонкодисперсну фракцію - для наповнення ПЕНП, ПЕВП, ЛПЕНЦ, ПВХ.

Азбест продовжують застосовувати для наповнення термо- і, значно ширше, реактопластов. Він підвищує міцність пластмас, збільшує їх опір старінню і горінню. Як антипірени використовують також сульфати барію і кальцію.

Порошки металів і їхніх сплавів підвищують електро- і теплопровідність пластмас, покращують їх триботехнічні характеристики.

Введення дисперсних наповнювачів в порівняно невеликих кількостях (до 10%), як правило, сприяє збереженню або навіть деякого підвищення міцності полімерного матеріалу [34 - 38].

Отверджувачі

Смоли - речовини, які вводять для створення тривимірної структури в полімері. Затвердіння полімерів може відбуватися при підвищенні температури, при зміні рН середовища в присутності каталізаторів. [39].

Карбамідоформальдегідні смоли (КФС) можуть отверджуватись за допомогою ортофосфорної, соляної, сірчаної, щавлевої, лимонної кислот, бензосульфокислою, хлористими солями та ін. Всі ці каталізатори отверджують смолу з достатнім індукційним періодом, після закінчення якого настає швидкий процес поліконденсації. Композиція смола - каталізатор перетворюється в гумоподібну, поступово зміцнюючу масу. Найбільш ефективними отверджувачами є ортофосфорна, соляна кислота і хлористі солі, в першу чергу хлорне залізо ($FeCl_3$) [40].

Твердіння КФС відбувається тільки в тому випадку, якщо смоли містять вільні метілольні групи. Процес взаємодії молекул

					ПД.12.01.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ документа	Підп.	Дата		17

супроводжується виділенням води і формальдегіду і утворенням поперечних зв'язків між молекулами. Чим більше метілольних груп в смолі, тим вище щільність зшивання молекул і краще якість отверженого продукту.

Піностабілізатори

Піностабілізатори грають важливу роль при отриманні спінених полімерів. Вони дуже впливають на уявну щільність і фізико - механічні властивості пінопластів. Як стабілізатори широко використовуються ПАР і їх роль при отриманні пінопластів досить складна й різноманітна. В одних випадках - це емульгування компонентів системи, в інших - ініціювання зародків газових бульбашок і стабілізація піни, що утворюється, третє - регулювання числа відкритих осередків і їх розмірів. ПАР прискорюють процес змішування компонентів за рахунок зниження поверхневого натягу на межі емульгованих фаз і стабілізації утворюваної емульсії. При виборі емульгаторів слід оцінити їх розчинність в кожному з компонентів, що дозволяє підібрати ПАР для отримання певного типу емульсії. У кислих середовищах краще використовувати катіонактивних ПАР, в лужних - аніонактивні, при великих концентраціях солей - неіоногенні. Дуже важливою функцією ПАР при отриманні пінопластів є стабілізація піни до досягнення системою, що спінується необхідної в'язкості. Піностабілізатори повинні зменшувати поверхневий натяг олігомера. Для прояву стабілізуючою здібності ПАР повинні добре розчинятися в органічних рідинах [41-42].

Дуже важливою характеристикою пінопласту є співвідношення закритих і відкритих пір. Ефективні піностабілізатори, які сильно підвищують в'язкість поверхневих шарів осередків піни, перешкоджають їх розкриттю. Якщо розкриття осередків має місце на ранній стадії спінування при недостатній несучій здатності каркаса піни, то відбувається осадження піни, підвищення уявної щільності, поява тріщин. Якщо відкриття осередків починається занадто пізно, воно зазвичай проходить частково, і велика їх кількість залишається закритими.

					ПД.12.01.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ документа	Підп.	Дата		18

Теорії підбору ПАР для отримання пінопластів немає, і на практиці воно здійснюється емпірично [29, 43].

Газоутворюючі агенти

Газоутворювач - це речовина, здатно виробляти комірчасту структуру шляхом спінювання, коли матеріал знаходиться в рідкому стані. Ця чарункова структура допомагає зменшити щільність, таким чином, збільшуючи теплову ізоляцію при збільшенні жорсткості матеріалу. У процесі виробництва, газоутворюючі агенти використовуються для розширення піни, дозволяючи направляти потік піни в будь - яку порожнину і забезпечуючи чудові фізичні властивості [44].

Газоутворювачі класифікують на фізичні і хімічні. Хімічні газоутворювачі (що знаходяться зазвичай в твердій фазі) представляють собою речовини, що виділяють в результаті хімічних реакцій газу, а фізичні газоутворювачі зазвичай піддаються оборотній зміні фізичного стану, наприклад, випаровування (таблиця 1.1) [29, 45].

Таблиця 1.1

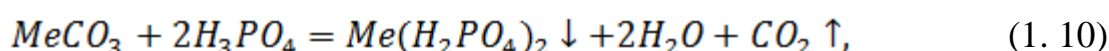
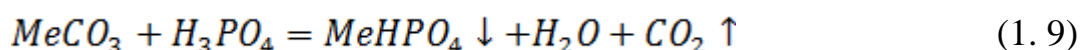
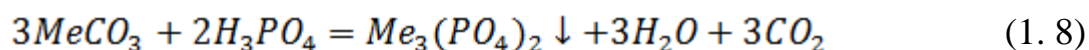
Газоутворювачі

Тип газоутворювача	Приклади
1	2
Стислі газу, введені в суміш хімічних речовин, що знаходяться під тиском, які розширюються при скиданні тиску.	Газу, такі як азот або діоксид вуглецю, під високим тиском поглинаються і дрібнодисперсно розподіляються в полімері, призначеному для спінювання, а потім розширюються, повертаючись до нормального атмосферного тиску.
Рідини, що утворюють осередки при переході в парову фазу.	Летючі рідини, такі як пентан або фторовані сполуки, поглинаються і дрібнодисперсно розподіляються в полімері, призначеному для спінювання, а потім розширюються при нагріванні, утворюючи значний обсяг пара.

Хімічні речовини, які розкладаються або реагують під впливом тепла з утворенням газу.	Хімічні газотворювачі, які варіюються від простих солей, таких як гідрокарбонат амонію або натрію, до складних з'єднань, що вивільняють азот.
---	---

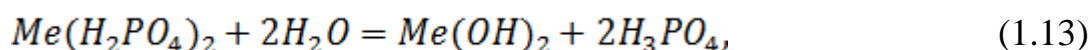
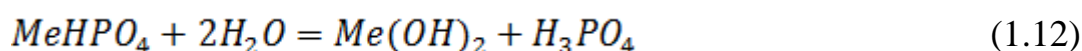
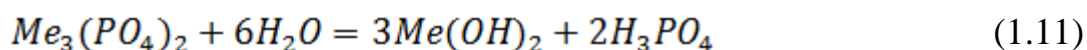
Спінювачі для карбамідоформальдегідної смоли - карбонати деяких металів, які виділяють вуглекислий газ, наприклад, карбонат кальцію, альбумін, сапонал, сапонін, інертний пил, що представляє собою вапняк або доломіт, алкілбензосульфокіслота. [17].

При використанні доломіту повітряно - механічне спінення піномаси доповнюється газотворенням за рахунок хімічної взаємодії каталізатора затвердіння карбамідної смоли - ортофосфорної кислоти з карбонатами кальцію і магнію породотворюючими мінералами доломіту з виділенням CO₂ по реакціях (1.8 - 1.10). При цьому присутність на поверхні частинок доломіту молекул води обумовлює їх високу реакційну здатність, тому (при малих концентраціях наповнювача) першочергово протікає твердофазна реакція взаємодії кислоти з поверхнею частинок наповнювача за схемою:



де Me (Ca; Mg).

Утворення фосфатів, гідро- і дигідрофосфатів кальцію і магнію в присутності води може супроводжуватися утворенням слабких лугів Ca (OH)₂, Mg (OH)₂ і сильною кислотою H₃PO₄ за схемою (реакції 1.11 - 1.13):



де Me (Ca; Mg) [48].

1.2 Основні властивості теплоізоляційних матеріалів

Основними технічними властивостями теплоізоляційних матеріалів є: теплопровідність, пористість, щільність, міцність, вологість, вогнестійкість (гранична температура застосування) [46].

Теплопровідність - здатність матеріалу передавати тепло від тіла з більшою температурою до менш теплого. Теплопровідність залежить від структури матеріалу, його вологості і температури. Теплопровідність залежить від вологості матеріалу, так як вода має більшу теплопровідність (в 25 разів) у порівнянні з теплопровідністю повітря [47-48].

Щільність спінених матеріалів сильно корелює з теплопровідністю. Через присутність повітря температурна залежність такого типу теплоізоляції складніша, ніж для пластмас і каучуків, для яких теплові значення збільшуються на кілька відсотків в діапазоні провідності від 0 до 100 °С. Проте, основний напрямок руху тепла, як правило, проходить крізь шар пластику; отже, температурна залежність пластика домінує. Слід також звернути увагу на той факт, що деякі матеріали показують теплові значення нижче, ніж у повітря. Це може бути реалізовано тільки якщо розмір пір, заповнених повітрям, менше, ніж довжина вільного пробігу молекул повітря [49].

Пористість характеризує частку (процентний вміст) газової (повітряної) фази в об'ємі матеріалу. Пористість теплоізоляційних виробів коливається в межах від 50 (для теплоізоляційних бетонів) до 98% (для виробів з високою теплоізоляційною здатністю).

Міцність теплоізоляційних матеріалів залежить від пористості - чим вище пористість, тим нижче міцність. Найкращими теплоізоляційними властивостями володіють матеріали з рівномірно розподіленими дрібними замкнутими порами [50].

Щільність - величина, що дорівнює відношенню маси речовини до всього займаного ним об'єму. Щільність теплоізоляційних матеріалів достатньо низька у порівнянні з більшістю будівельних матеріалів, так як

					ПД.12.01.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ документа	Підп.	Дата		21

значний обсяг займають пори. Щільність вживаних в даний час в будівництві теплоізоляційних матеріалів лежить в межах від 17 до 400 кг / м³, в залежності від їх призначення. Відомо, що чим менше щільність сухого матеріалу, тим краще його теплоізоляційні властивості при температурних умовах, в яких знаходяться захисні конструкції будівель. Чим менше щільність матеріалу, тим більше його пористість [51].

Міцність - здатність матеріалів чинити опір руйнуванню під дією зовнішніх сил, що викликають деформації і внутрішні напруження в матеріалі. Міцність теплоізоляційних матеріалів залежить від структури, міцності його твердої складової (основа) і пористості. Жорсткий матеріал з дрібними порами більш міцний, ніж матеріал з великими нерівномірними порами. Межа міцності при стисненні коливається від 0,2 до 2,5 МПа. Якщо міцність при стисненні вище 5 МПа, то матеріали називають теплоізоляційно-конструктивними і використовують для несучих конструкцій. Межа міцності при вигині і межа міцності при розтягуванні потрібні для того, щоб визначити чи достатня міцність для збереження матеріалу при транспортуванні, складуванні, монтажі [53].

Вологість - вміст вологи в матеріалі. З підвищенням вологості теплоізоляційних матеріалів різко підвищується їх теплопровідність. У матеріалах з капілярно-пористою структурою, поміщених в природне повітряне середовище, завжди міститься певна кількість вологи. Це відбувається внаслідок того, що знаходяться у вологому повітрі молекули водяної пари, потрапляючи в зону дії молекулярних сил сухого матеріалу, утворюють на його поверхні тонку плівку. Після досягнення рівноважного стану між сорбованою вологою в прикордонному шарі матеріалу і тиском водяної пари в повітрі, відбувається поступове проникнення вологи по всьому об'єму матеріалу.

При тривалому перебуванні зразка в повітряному середовищі з постійними відносною вологістю повітря і температурою в матеріалі залишається незмінною (рівноважною) кількість вологи, яку називають

					ПД.12.01.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ документа	Підп.	Дата		22

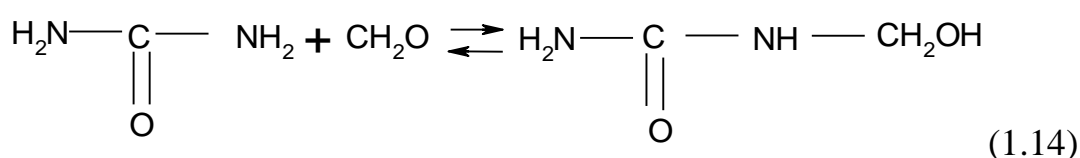
сорбційної вологою. Зі збільшенням вологості матеріалів погіршуються їх теплозахисні властивості, морозостійкість та інші показники [55].

Вогнестійкість - здатність конструкцій протягом визначеного часу витримувати без руйнування вплив високих температур. Теплоізоляційний матеріал для застосування в покриттях вибирається з урахуванням його горючості, здатності до димоутворенню і можливості виділення токсичних газів при горінні [50].

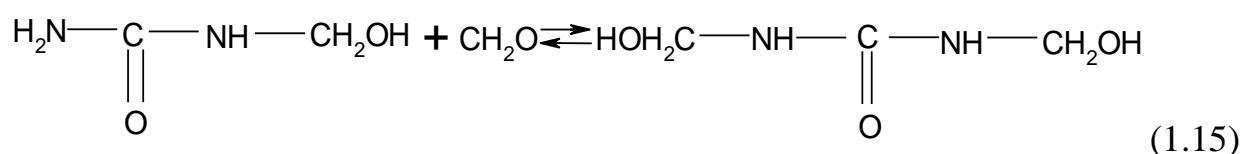
1.3 Теплоізоляційні матеріали на основі карбамідоформальдегідної смоли

Карбамідна смола виходить поліконденсацією карбаміду і формальдегіду (CH₂O) у водному розчині [54 - 56].

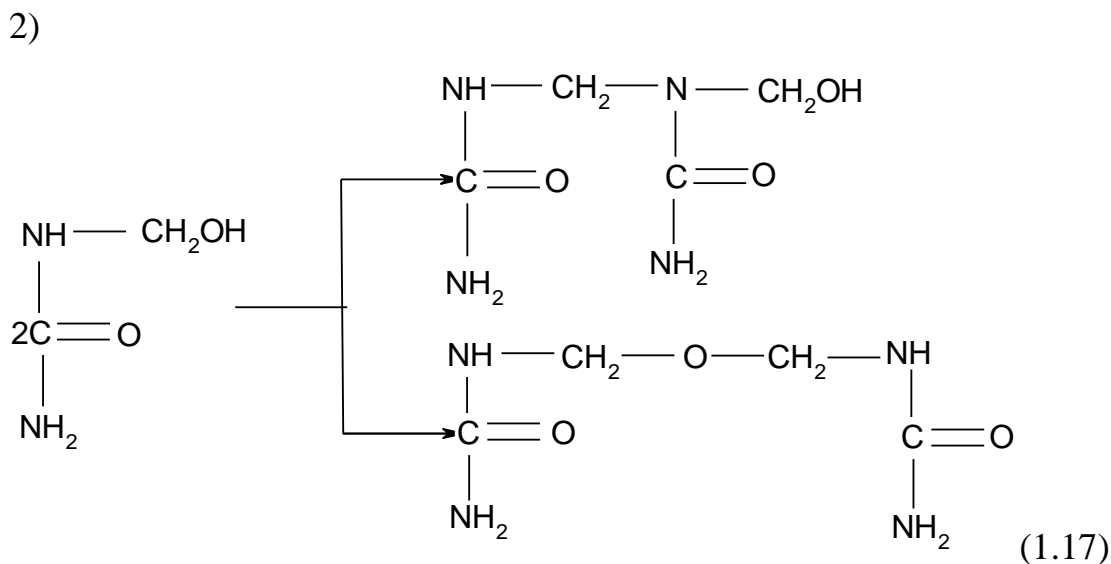
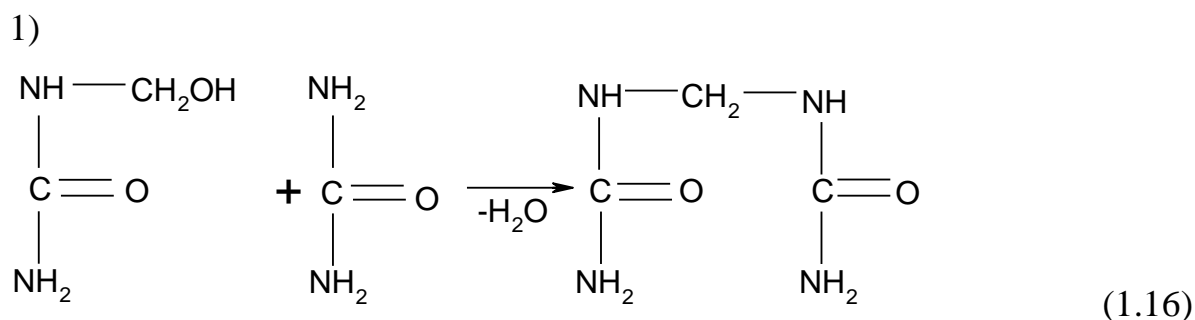
Основними продуктами реакції карбаміду з формальдегідом в звичайних умовах є моно- і диметілолмочевіни. У лужному середовищі (рН 11 - 13) з карбаміду і формальдегіду навіть в розведених розчинах утворюється монометілолмочевіна (реакція 1.18):



При проведенні реакції в нейтральному або слаболужному середовищах (рН 7 - 8) в залежності від співвідношення вихідних компонентів отримують моно- і диметілолмочевіну. Остання утворюється також при взаємодії еквімольних кількостей монометілолмочевіни і формальдегіду (реакція 1.19):



Механізм утворення карбамідних олігомерів складний і недостатньо вивчений. Одні з основних напрямків протікання реакцій (реакції 1.20 - 1.21) [57]:



За своїм зовнішнім виглядом КФС являє собою суспензію однорідного білого кольору, хоча найчастіше колір може варіюватися від білого до світло-коричневого кольору в залежності від додаткових включень і терміну її зберігання.

Зразкові властивості рідких смол:

- масова частка сухого залишку - не менше 51,0%;
- щільність - не менше 1200 кг / м³;
- масова частка вільного формальдегіду - 0,3%;
- в'язкість умовна - 20 - 35 с;
- концентрація водневих іонів - 7,5 - 8,5 рН;
- час желатинізації при 100 ° С - не більше 110 с.

Термін придатності смоли при належному зберіганні повинен становити не менше 45 діб з моменту виготовлення [58].

Тверднуть карбамідні смоли при нагріванні (120 - 140 ° С) або кімнатній температурі в присутності сполук переважно кислотного характеру, наприклад фосфорної, соляної, щавлевої, фталевої кислот, їх солей (AlCl₃, ZnCl₂).

Сітчасті полімери, одержувані в результаті затвердіння, безбарвні, світлостійкі, стійкі в органічних розчинниках і маслах, легко фарбуються. Однак вони мають ряд недоліків: знижена водостійкість, крихкість, низька стійкість до деструктивних дій, виділення вільного формальдегіду та ін. [59-60].

На основі КФС виготовляють пінопласти - легкі тепло- та звукоізоляційні пористі матеріали. Завдяки широкому спектру унікальних властивостей, область застосування карбамідоформальдегідних пінопластів значно ширше, ніж у інших теплоізоляційних матеріалів. Карбамідоформальдегідний пінопласт має багато назв: міпора, юніпор, "піноізол", меттемпласт (торгова марка) і т.д. Він був отриманий в Німеччині в кінці 30 - х років і по праву може вважатися одним з найстаріших пінопластів [61].

Міпора - жорсткий пінопласт, що отримується на основі карбамідоформальдегідної смоли. Виготовляють механічним збиванням в апараті з багатолопатевою мішалкою водної емульсії смоли, модифікованої гліцерином для зниження крихкості. Як піноутворювач застосовують нафтові сульфокислоти, каталізатором затвердіння служать органічні кислоти. Отриману піну розливають в металеві форми, де отверджують спочатку при кімнатній температурі, а потім в сушильних камерах при 30 - 50 ° С. Готова продукція - блоки, плити, крихта. За іншою технологією піну заливають безпосередньо в обсяг, що заповнюється де і отверджують при кімнатній температурі. Міпора майже в 10 разів легше пробки (уявна густина не більше 20 кг / м³). Вона обвуглюється, але не горить у відкритому полум'ї при 500 °С, а при введенні в композицію антипіренів не запалюється в середовищі кисню. Міпора володіє значним водопоглинанням і чутливістю до впливу

					ПД.12.01.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ документа	Підп.	Дата		25

агресивних хімічних реагентів. При зберіганні і експлуатації її захищають целофаном або поліетиленовою плівкою. Міпору застосовують як тепло- і звукоізоляційний матеріал в будівництві, при виготовленні холодильних установок, сховищ і судин для перевезення рідкого кисню, як заповнювач пустотілих конструкцій в транспортному машинобудуванні, для поліпшення структури ґрунтів [62].

Введення активних наповнювачів сприяє формуванню дрібнопористої однорідної структури карбамідного пінопласту, що приводить до зниження різновтовщинності стінок і зменшення середнього розміру осередків, більш ніж в 2 рази.

Встановлено, що високе наповнення пінопласту (до 40 мас. ч.) ультратонкодисперсними частками практично не змінює в'язкість і час гелеутворення піномаси, що дозволяє формувати порожнисту структуру, що реалізує властивості високонаповненої полімерної матриці, а саме збільшення міцності в 10 разів, зниження усадки в 9 разів і сорбційної вологості в 2,5 рази [63].

Спосіб спінювання і подальшого затвердіння полімерної композиції заснований на реакції взаємодії кислоти з карбонатами. В якості газоутворюючого агента - використовують неорганічну кислоту, яка одночасно є і каталізатором затвердіння карбамідної смоли. Як неорганічні кислоти використовують ортофосфорну кислоту. Додатково для підвищення кратності піни в неорганічну кислоту вводиться поверхнево - активна речовина (піноутворювач), що має кисле середовище. Взаємодія каталізатора - неорганічної кислоти з піноутворювачем і карбонатами відбувається практично миттєво (протягом 5 - 12 сек), що обумовлює особливості виготовлення карбамідних поропластів - сорбентів. При взаємодії карбонату, рівномірно розподіленого по всьому об'єму смоли з частково спіненої неорганічною кислотою, виділяється вуглекислий газ, який додатково спінює смоляну композицію. Процес поліконденсації, тобто повного затвердіння поропласту закінчується через 12 - 15 хв [64].

					ПД.12.01.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ документа	Підп.	Дата		26

Карбамідоформальдегідні пінопласти виготовляються у вигляді плит, блоків, «крихти», а також може заливатися в порожнисті профілі, де він полімеризується і висихає при будівництві нових, ремонті старих, або відновленні зруйнованих будівель і споруд [65].

В останні роки широке поширення набуло застосування карбамідних пінопластів - піноізол, що мають велику сировинну базу в країні. Це найдешевші пінопласти по параметру ціна - якість (в 2,3 рази дешевше найпоширенішого пінопласту - пінополістиролу). Вони застосовуються для тепло- і звукоізоляції горищних вентиляваних покриттів, тришарових конструкцій, будівель, виконаних з цегли, а також для теплоізоляції ґрунтів і сипучих матеріалів від промерзання. Цей пінопласт вогне- та биостійок, має хороші звукоізоляційні якості, що призвело до застосування його для шумопоглинання в вагонах метро, при будівництві тирів.

Цей теплоізоляційний матеріал широко застосовується за кордоном, маючи різні торгові назви, різну щільність і фізико-механічні властивості. Так в Англії піноізол має назву флотофаум (фірма "Вармаль ЛТД"), в Японії - іпорка, Німеччини - амінотерм, Чехії - мофотерма, Швейцарії - ізошаум, Данії - інсульспрей, Франції - ізолеж, Канаді - інсулспрей.

У Нідерландах пінопласт з карбаміду використовується з 1974 року для теплоізоляції будівель з порожнистими стінами з цегли і внутрішньою стіною товщиною 110 мм, виконаною із силікатної цегли, заповнюється пінопластом товщиною 60 мм. Заповнення порожнини пінопластом можна проводити плитами або методом заливки. Для цих цілей у зовнішній цегляній стіні на певній відстані один від одного висвердлюють в швах отвори, через які рідка піна подається в порожнину стіни під невеликим надлишковим тиском. Швидкість затвердіння пінопласту залежить від кліматичних умов і пористості кладки і знаходиться в межах 4 - 6 тижнів. Наявність лакофарбових покриттів і штукатурки затримує висихання пінопласту.

					ПД.12.01.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ документа	Підп.	Дата		27

Головна тенденція - за кордоном відсоток застосування карбамідних пінопластів в порівнянні з іншими з року в рік зростає і досягає зараз в деяких країнах до 30% [66].

«Пінзеля» володіє винятковою довговічністю. Вчені були змушені припинити випробування по штучному старінню цього матеріалу, оскільки навіть після 78 років ніяких змін в матеріалі помічено не було [67].

Для утеплення стін в житловому будинку заливка піноізола відбувається через невеликі отвори і дозволяє виробляти монтаж утеплювача не розбираючи будівельних конструкцій. А для теплоізоляції будинків, що будуються закачується в порожнечі стін, не маючи стиків їх швів, тим самим заповнюючи всі найдрібніші щілини і тріщини в кладці [68].

Теплоізоляційна ефективність заливного пінопласту вище, ніж при використанні готових плит, тоскільки скорочуються теплові втрати через численні містки холоду (порожнечі, раковини, повітряні прошарки, що виникають, наприклад, через нещільне прилягання плит один до одного і до несучого каркасу) [69].

Склопінокарбамід готують на основі карбамідоформальдегідних смол. На відміну від заливальних пінопластів при його виготовленні спочатку з смоли готують піномасу, яка потім заповнює міжзернові порожнечі спученого склопора. Переваги цього матеріалу перед традиційними карбамідними пінопластами - значне зменшення усадочних деформацій при істотному підвищенні жорсткості і міцності. Об'ємна маса склопінокарбаміду дорівнює 60 кг / м^3 , міцність при стисненні $0,04 - 0,08 \text{ МПа}$, теплопровідність $- 0,04 \text{ Вт / (м} \cdot \text{° C)}$ [70].

Одним із суттєвих недоліків склопінокарбаміду є досить високе водопоглинання, обумовлене значною часткою наскрізної пористості в структурі і низьке значення водостійкості, що приводить до необхідності їх захисту від впливу ударно - механічних навантажень, води і атмосферних опадів [71].

Відома композиція для отримання пінопласту на основі карбамідної смоли, ПАР, кислотного каталізатора і води, в якій для підвищення, зокрема, міцності пінопласту присутній карбонат кальцію, однак міцність не перевищує 0,044 МПа.

Відома композиція для отримання пінопласту, що містить карбамідоформальдегідну смолу, кислотний затверджувач, ПАР і воду, в яку для підвищення міцності при стисненні додають 10 - 50% від ваги карбамідоформальдегідної смоли фенолоспірти. За рахунок введення фенолоспиртів в такій кількості домагаються підвищення об'ємної маси пінопласту до 80 - 120 кг / м³ і, як наслідок, збільшення міцності на стиск до 0,16 - 0,19 МПа.

Відома композиція для отримання пінопласту, що містить карбамідоформальдегідну смолу, кислотний затверджувач (о-фосфорну кислоту), ПАР (піноутворювач), воду і модифікуючу водорозчинну добавку (перекис водню і сірчанокисле залізо).

Недоліками відомої композиції є низька міцність на стиск і висока концентрація формальдегіду в повітрі [82, 83].

Відомий спосіб отримання карбамідоформальдегідного пінопласту, що включає приготування смоляної емульсії з відходів виробництва етілсульфонатів з наступним перемішуванням в реакторі шляхом подачі стисненого повітря і отвердженням спіненої маси кислотним затверджувачем соляної кислоти 6 - 8% концентрації.

Недоліком відомого способу є те, що отримуваний пінопласт за своїми технічними характеристиками дозволяє ефективно використовувати його в основному тільки як теплоізоляційний матеріал і менш ефективно як сорбент [70].

Відомий пінопласт, композиція для виготовлення якого містить мас. %:
Карбамідоформальдегідну смолу 20 - 35;
ортофосфорну кислоту 2,0 - 3,0;
ПАР (піноутворювач) 0,4 - 0,5;

					ПД.12.01.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ документа	Підп.	Дата		29

вуглегумінових модифікатор (з вмістом гумінових кислот 60 - 85%) 0,4 - 0,6 і воду.

Водний розчин смоли, поверхнево - активна речовина і вуглегумінових модифікатор спінюють стисненим повітрям і додають ортофосфорну кислоту [71]. Однак для використання в промисловості в якості теплоізоляційних матеріалів ця композиція не підходить, тому що з неї неможливо виготовити, а тим більше транспортувати вироби конструкційного призначення і вироби складної конфігурації через недостатню міцність матеріалу (менше 50 кПа).

Відома композиція для отримання пінопласту, що містить в собі КФС, спенюючий агент, стабілізатор піни, наповнювач і затверджувач, що відрізняється тим, що в якості спінюючого агента композиція для виготовлення пінопласту містить порошкоподібний алюміній, як стабілізатор піни - поверхнево - активну речовину з ряду алкилфенолів або алкілсульфанатів, як наповнювачі - червону глину, алебастр, пісок і діабазове борошно в співвідношенні 2: 1: 1: 1, пластифікатор - парафін, а також лужний затверджувач - водний розчин силікату натрію при такому співвідношенні компонентів, у відсотках за масою:

КФС 21,5 - 23,0;

порошкоподібний алюміній 1,1 - 1,5;

поверхнево - активна речовина з ряду алкилфенолів або алкілсульфонатів 1,1 - 1,2;

червона глина, алебастр, пісок і діабазове борошно в співвідношенні 2: 1: 1: 1 21,5 - 19,5;

пластифікатор - парафін 1,1 - 1,5;

лужний затверджувач - водний розчин силікату натрію 53,7-53,6 [72].

Недоліком цієї композиції є те, що матеріал з високими показниками кратності спінювання (10) не має достатньої механічної міцності і дає усадку в процесі її затвердіння.

Відома композиція для отримання пінопласту, що містить в собі смолу, газоутворювач (CaCO_3), наповнювач (алебастр), ПАР і каталізатор (оксонієве

					ПД.12.01.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ документа	Підп.	Дата		30

з'єднання на основі етиленгліколю (ЕГ) і фосфорної кислоти при співвідношенні компонентів 1: 1 або амонієві сполуки на основі ТЕА (ТЕА) і фосфорної кислоти при співвідношенні компонентів 0,5: 1 при наступному співвідношенні компонентів, мас. ч:

КФ МТ - 15 - 100;

CaCO₃ - 5;

ПАР на основі оксіетілірованние алкіл феноли - 0,5;

алебастр - 20;

каталізатор - 10 - 40 [73].

Недоліком такого піноматеріалу є усадочні деформації, які виникають в результаті високих внутрішніх напружень, що приводять до утворення тріщин в процесі сушіння.

Для усунення даного недоліку пропонується у композицію, що спінюється вводити рідкоскляний гранульований наповнювач.

Ефективність введення гранул полягає в зменшенні деформативності і усадкових явищ ТІМ та запобігання розтріскуванню завдяки зниженню внутрішньої напруги; підвищенні їх міцнісних показників, оскільки гранульований матеріал володіє певною пластичною деформацією; зменшенні гігроскопічності та водопоглинання матеріалу, оскільки на поверхні гранул при спученні утворюється ущільнена оболонка яка уповільнює кінетику поглинання води та її пари.

					ПД.12.01.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ документа	Підп.	Дата		31

2 Обґрунтування вибраного напрямку роботи

Специфічні особливості газонаповнених пластмас визначають технічну спрямованість і економічну ефективність їх застосування в різних галузях промисловості. Завдяки низькій середній щільності, високим тепло- і звукоізоляційним властивостям, підвищеній питомої міцності, а також ряду цінних технологічних та експлуатаційних властивостей пінопласти не мають аналогів серед традиційних будівельних матеріалів.

Ці матеріали характеризуються високою питомою міцністю, значно вище, ніж у конкурентних виробів. Однак більшості газонаповнених пластмас властиві певні недоліки, які істотно обмежують можливість їх застосування: знижені вогнестійкість, теплостійкість і температуростійкість при температурах більше 200 °С. Крім того, процеси деструкції ("старіння") цих матеріалів, біостійкість в процесі тривалої експлуатації до кінця не вивчені [74].

На підставі розглянутих літературних даних можна зробити висновок, що теплоізоляційні матеріали становлять великий інтерес для сучасного будівництва, так як є одним з найбільш ефективних засобів економії енергії. Досліджувані в даній роботі піноматеріали, виготовлені на основі спучених рідкоскляних гранул і з'язуючого на основі КФС), мають такі переваги:

1. Екологічність, вогнестійкість, довговічність, висока міцність і досить низька щільність.

2. При отриманні теплоізоляційних матеріалів на основі карбамідоформальдегідної смоли використовується метод хімічного спінювання при температурі навколишнього середовища за допомогою газоутворювача, що штучно вводиться у сировинну композицію.

3. За технологією холодного спінювання можна отримати сендвіч - панелі, шляхом заливання рідкої композиції в порожнечу між шарами конструкції, де відбувається її подальше спенювання і затвердіння. Такі матеріали можна отримувати безпосередньо на місці будівництва об'єкту.

					ПД.12.01.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ документа	Підп.	Дата		32

Також можна виготовляти вироби у вигляді блоків, плит, їх отримують шляхом омонолічування рідкоскляного грануляту зв'язуючим та формуванні виробу.

4. Технології холодного спінювання мають такі важливі переваги перед технологіями гарячого спінювання, як мала енергоємність і простота процесу виробництва. Однак холодним спінюванням, не вдається отримати міцні і безусадкові матеріали через великі залишкові деформації, які протікають при сушці матеріалу. Тому, в даній роботі для усунення вказаних недоліків, пропонується у сировинну композицію вводити гранульований наповнювач.

5. Ведення гранульованого наповнювача в карбамідоформальдегідне зв'язуюче дозволяє отримувати міцний і безусадковий конструкційно - теплоізоляційний матеріал з однорідною структурою.

					ПД.12.01.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ документа	Підп.	Дата		33

3 Теоретична частина

При виборі теплоізоляційного матеріалу для утеплення конкретного об'єкта (при новому будівництві або реконструкції) необхідно враховувати всі властивості матеріалу в комплексі. Створення комфортних умов і ефективне енергозбереження визначаються не тільки видом теплової ізоляції (хоча це головне), але і способом компонування теплоізоляційного матеріалу в конструкції в цілому, а також системою опалення.

За теплоізолювальної здатності перевага надаватиметься теплоізоляційним матеріалам на основі синтетичних полімерів (піноматеріалам), теплопровідність яких близька до теплопровідності статичного повітря ($0,026 \text{ Вт / м}^\circ \text{ С}$). У ХХІ столітті широке застосування в галузі будівництва отримують піноматеріали, що відповідають вимогам розрахункової довговічності, низької теплопровідності, малої звукопровідності, мінімальної щільності, малої енергоємності виготовлення, технологічності виробництва робіт з ними, оптимальної вартості та експлуатаційної економічності. Пріоритетний напрям розвитку будівельних теплоізоляційних матеріалів буде належати енергозберігаючим їх видам, що дозволить створити комфортні умови роботи і проживання. За сукупністю якостей цим вимогам у великій мірі відповідає карбамідний пінопласт [75].

Процес приготування, як правило, включає наступні стадії: а) змішування компонентів сировинної маси; б) спінювання; в) затвердіння спіненої маси і г) сушка при $20 - 120^\circ \text{ С}$.

Водопоглинання і гігроскопічність залежать від об'ємної маси і способу виготовлення. Висока пористість і тонкі міжпорові перегородки зумовлюють підвищене водопоглинання спінених теплоізоляційних матеріалів. Але при цьому, їх водопоглинання не перевищує водопоглинання поширених високопористих теплоізоляційних матеріалів. Найменшою величиною водопоглинання характеризуються гранульовані матеріали, враховуючи, що щільна оболонка на їх поверхні сповільнює кінетику водопоглинання

					ПД.12.01.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ документа	Підп.	Дата		34

3.1 Об'єкти дослідження

Характеристика компонентів, які застосовуються для отримання теплоізоляційних матеріалів на основі рідкоскляного грануляту і КФС, приведена в таблиці 3.1 [76-87]

Таблиця 3.1

Характеристика компонентів, які застосовуються для отримання теплоізоляційних матеріалів

Назва	ДСТУ, ТУ, ГОСТ	Хімічна формула	Основні показники якості
1	2	3	4
I. Гранульований наповнювач:			
1. Рідке скло натрієве	ГОСТ 13078 - 81	$Na_2O \cdot nSiO_2 + mH_2O$	Густа рідина жовтого або сірого кольору без механічних домішок і включень, видимих неозброєним оком; масова частка діоксиду кремнію - 22,7 - 36%; оксиду натрію - 7,9 - 13,8%; силікатний модуль - 3,05; щільність - 1,35 - 1,52 г / см ³ .
2. Оксид цинка	ГОСТ 10262-73	ZnO	Безбарвний кристалічний металевий порошок, нерозчинний у воді, жовтіє при нагріванні і сублимується при 1800 ° С. Щільність - в порошку 5,5 5,6 г / см ³ , у вигляді кристала 5,7 г / см ³ . Розчиняється в лугах.

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4
II. Теплоізоляційні матеріали на основі карбамідоформальдегідної смоли:			
3. Карбамідоформальдегідна смола марки КФ - МТС - 15	ГОСТ 14231-88	$\begin{array}{c} \dots - N - CH_2 - N - CH_2 - \dots \\ \qquad \qquad \\ CO \qquad \qquad CO \\ \qquad \qquad \\ \dots - N - CH_2 - N - CH_2 - \dots \end{array}$	Являє собою однорідну суспензію світло - жовтого кольору, без сторонніх включень. Масова частка сухого залишку - $66 \pm 2\%$. Умовна в'язкість по віскозиметру ВЗ-246 при $(20 \pm 1)^\circ C$ - 45 - 80 с. Масова частка вільного формальдегіда - не більше 0,15%. Час желатинізації при $100^\circ C$ - 50 - 70 с.
4. Ортофосфорна кислота	ГОСТ 6552-80	H_3PO_4	Являє собою безбарвну рідину, яка не має запаху (або прозорі безбарвні кристали, що розпливаються на повітрі). Розчинна у воді, діетиловому ефірі, етанолі. Щільність не менше $1,69 \text{ г / см}^3$.
5. Етиленгліколь	ГОСТ 19710-83	$OH-CH_2-CH_2-OH$	Являє собою прозору рідину. При попаданні всередину може викликати хронічне отруєння з ураженням життєво важливих органів (діє на судини, нирки, нервову систему).

Ізм	Лист	№ документа	Підп.	Дата

ПД.12.01.ПЗ

Лист

36

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4
6. Карбонат кальцію	ГОСТ 8253-79	CaCO_3	Тверді білі кристали. Не розчиняється в воді і етанолі. Температура розкладання - 900 - 1000°C.
7. Гідрокарбонат натрію	ГОСТ 2156-76	NaHCO_3	Являє собою кристалічний порошок білого кольору, без запаху. Не токсичний, пожежо- та вибухобезпечний.
8. Полівінілацетатна дисперсія	ГОСТ 18992-80	$[-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{OCOCH}_3)-]_n$	Являє собою в'язку рідину білого або злегка жовтуватого кольору з розміром частинок 1 - 3 мкм, без грудок і сторонніх механічних включень. У пожежному відношенні безпечна.

3.2 Методи дослідження

Як правило, теплоізоляційні матеріали повинні відповідати ряду вимог. Вони повинні володіти хорошими фізико - хімічними і технологічними характеристиками, які відповідають нормам і затвердженим стандартам. Для визначення цих показників матеріал піддають ряду досліджень.

При отриманні блокових теплоізоляційних матеріалів оцінювався вплив газоутворюючих агентів, наповнювачів, затверджувачів, ПАР і їх кількості на фізико - механічні властивості пін, а також їх порову структуру. Були визначені наступні основні характеристики піноматеріалів (по ГОСТ 17177-94 «Матеріали і вироби будівельні теплоізоляційні» [88]): щільність, вологість, сорбційна вологість, водопоглинання, межа міцності на стиск при

10% - ної лінійної деформації, межа міцності при вигині, лінійна температурна усадка.

Визначення щільності матеріалу

Щільність є фундаментальною фізичною характеристикою матеріалів, незалежно від стану, в якому вони знаходяться - в твердому, рідкому або газоподібному. Щільність обумовлює обсяг, який обіймає матеріал, його структурні, механічні та теплофізичні властивості.

Розрізняють два види щільності:

- дійсна;
- уявна.

Дійсна щільність є фізичною константою кожної індивідуальної речовини і залежить від кристалічної структури, виду і щільності упаковки атомів. Дійсну щільність визначають по відношенню маси даної індивідуальної речовини до займаного нею об'єму. Розмірність - кг / м³ (г / см³).

Уявна щільність - це відношення маси речовини або тіла до займаного ним об'єму, включаючи обсяг рідкої або газоподібної фаз. Тому розрізняють уявну щільність вологого або сухого матеріалу. Розмірність - кг / м³ (г / см³).

Для визначення уявної щільності матеріалу необхідно знати масу і об'єм зразка (формула 3.1).

$$\rho = \frac{m}{V}, \quad (3.1)$$

де: m - маса блока;

V - об'єм блока, оскільки він має розмір прямокутника, то об'єм розраховується по формулі 3.2:

$$V = a \cdot b \cdot c, \quad (3.2)$$

де: a, b, c - сторони прямокутника.

Для визначення дійсної щільності блокових матеріалів найбільш точним і поширеним методом є пікнометричний, який заснований на визначенні обсягу рідини, що витісняється спіненим зразком, маса якого попередньо відома. Дійсна щільність розраховується за формулою 3.3:

					ПД.12.01.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ документа	Підп.	Дата		38

$$\rho_{н с г} = \frac{m}{V}, \quad (3.3)$$

де: m - маса теплоізоляційного матеріала, кг;

V - обсяг рідини, що витісняється спіненим теплоізоляційним матеріалом, m^3 .

При визначенні щільності використовують рідини, які не взаємодіють з матеріалом. Для цієї мети використовують 1% - вий розчин хлористого кальцію з концентрацією 10,07 г / л, щільність якого становить 1,007 г / $см^3$.

Визначення вологості матеріалу

Вологість - це масова кількість фізико - механічно і фізико-хімічно зв'язаної води, що міститься в матеріалі, віднесена до маси вологого або висушеного матеріалу. Якщо маса води ($m_{в}$), що видаляється при сушінні з вологого матеріалу, відноситься до маси вологого матеріалу ($m_{вл}$), то така вологість називається відносною, яка розраховується за формулою 32.4:

$$W_{о т н} = \frac{m_{в}}{m_{вл}} \cdot 100\%. \quad (3.4)$$

Якщо маса води, що видаляється при сушінні з вологого матеріалу, відноситься до маси сухого матеріалу ($m_{сух}$), то така вологість називається абсолютною (формула 3.5):

$$W_{а б с} = \frac{m_{в}}{m_{сух}} \cdot 100\%. \quad (3.5)$$

Визначати вологість можна не тільки у відсотках, а й у відносних одиницях.

Визначення сорбційної вологості

Сорбційна вологість (гігроскопічність) теплоізоляційного матеріалу визначається на зразках прямокутної форми з розмірами 100x100x35 мм.

Сорбційна вологість обчислюється за формулою 3.6:

$$W_c = \frac{m_2 - m_1}{m_2} \cdot 100, \quad (3.6)$$

де: W_c – сорбційна вологість теплоізоляційного матеріала, %;

m_1 – маса зразка, висушеного до постійної маси, г;

m_2 – маса зразка після насичення парами води, г.

Результат округляють до 0,1%.

					ПД.12.01.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ документа	Підп.	Дата		39

Визначення водопоглинання

Для визначення водопоглинання виготовляють зразки розмірами в плані 100x100x35 мм.

Водопоглинання обчислюють з точністю до 0,1% за формулою 3.7:

$$W_n = \frac{m_4 - m_3}{m_3} \cdot 100, \quad (3.7)$$

де: W_n – водопоглинання, %;

m_3 - маса зразка, висушеного до постійної маси, г;

m_4 - маса зразка після насичення водою, г.

Визначення межі міцності на стиск при 10% - ної лінійної деформації

Суть методу полягає у вимірюванні значення стискаючих зусиль, що викликають деформацію зразка по товщині на 10% при відповідних умовах випробування.

Міцність на стиск при 10% - вій лінійній деформації розраховують за формулою 3.8:

$$\sigma_{10} = \frac{P}{lb}, \quad (3.8)$$

де: P - зусилля при 10 % - вій лінійній деформації, Н, (кгс);

l - довжина зразка, мм (см);

b - ширина зразка, мм (см).

Результат округляють до 0,01 МПа.

Визначення межі міцності при вигині

Суть методу полягає у вимірюванні значення зусилля, що викликає руйнування зразка при його вигині при відповідних умовах випробування.

Межа міцності при вигині обчислюють за формулою 3.9:

$$\delta_u = \frac{3Pl}{2bh^2}, \quad (3.9)$$

де: δ_u - межа міцності при вигині, кгс/см²;

P – руйнуюче зусилля, кгс;

l – відстань між осями опор, мм (см);

b - ширина зразка, мм (см).

h - товщина зразка, мм (см).

Результат округляють до 0,01 МПа.

Визначення лінійної температурної усадки

Для випробування виготовляють зразки розмірами 100x100 мм і товщиною, рівною товщині виробу, з якого вирізані зразки (35 мм). Грані зразка повинні бути рівними і паралельними. Зразок проколюють поблизу торців сталевими голками і вимірюють штангенциркулем відстань між ними по обидва боки зразка. Потім зразок поміщають в горизонтальному положенні в муфельну піч на керамічну підставку так, щоб голки були на бічних гранях. Підйом температури в печі до заданої величини повинен бути безперервним і рівномірним (100 - 120 ° С в годину). Зразок витримують в печі протягом 8 год. Після закінчення нагрівання зразка його охолоджують безпосередньо в печі до кімнатної температури, після чого знову вимірюють відстань між голками.

Лінійну температурну усадку α у відсотках обчислюють за формулою 3.10:

$$\alpha = \frac{l_1 - l_2}{l_1} \cdot 100, \quad (3.10)$$

де: l_1 – відстань між голками до нагрівання зразка, мм;

l_2 – відстань між голками після нагрівання і охолодження зразка, мм.

Результат округляють до 0,1%.

Оцінка горючості пінопластів (метод вільного горіння)

Метод полягає у визначенні часу горіння, втрати ваги і швидкості поширення полум'я по поверхні зразка при його підпалі і подальшому вільному горінні.

Втрата у вазі розраховується за формулою 3.11:

$$\delta P = \frac{P_0 - P_1}{P_0} \cdot 100, \quad (3.11)$$

де: P_0 - початкова вага зразка, г;

P_1 - вага зразка після випробування, г.

Швидкість поширення полум'я розраховується за формулою 3.12:

					ПД.12.01.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ документа	Підп.	Дата		41

$$V = \frac{t_2}{t_1}, \quad (3.12)$$

де: t_1 - час поширення полум'я за зразком, сек;

t_2 - час до повного згасання зразка, сек.

Визначення теплопровідності

Визначення теплопровідності проводиться на приладі «ІТС-1» по ГОСТ 7076-99.

Умови експлуатації пристрою:

- температура навколишнього середовища 10 - 35 ° С;

- відносна вологість повітря 30 - 80%.

Принцип роботи приладу заснований на створенні стаціонарного теплового потоку, що проходить зрізь зразок матеріалу. За величиною цього теплового потоку, температурою протилежних граней зразка і його товщиною обчислюється теплопровідність зразка λ .

Досліджуваний зразок повинен мати форму прямокутного паралелепіпеда, лицьові грані якого - квадрат з розмірами 150 x 150 мм. Товщина зразка повинна знаходитися в межах 10 - 25 мм.

Прилад складається з вимірювальної комірки (теплозахисний кожух, нагрівач і холодильник), а також електронного блоку, розміщеному в корпусі.

На лицьовій панелі приладу знаходяться клавіатура і графічний індикатор. На задній стінці розташований вимикач, запобіжник, вихід кабелю живлення і роз'єм для підключення нагрівача.

3.3. Технологія отримання грануляту на основі рідкого скла

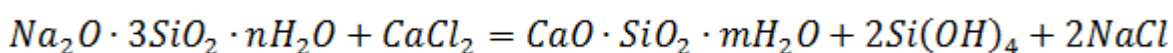
Для приготування гранульованих теплоізоляційних матеріалів на основі рідкого скла використовується двокомпонентна система. Перший компонент системи (рідкий) являє собою рідке скло, другий (сухий) - неорганічний наповнювач.

Процес отримання гранульованого теплоізоляційного матеріалу на основі рідкого скла і наповнювача можна розділити на три стадії.

					ПД.12.01.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ документа	Підп.	Дата		42

Перша стадія процесу полягає в приготуванні композиції з розчину рідкого скла і добавок, які забезпечують необхідні технологічні та експлуатаційні властивості. Композицію готують в змішувачі, куди завантажують всі необхідні компоненти. Перемішування проводять протягом 2 - 3 хвилин до отримання однорідної і досить в'язкої системи.

В основі другої стадії лежить процес отримання гранул. Суміш переміщається в видаткову ємність. Слід зазначити, що в'язкість розчину регулюється в залежності від діаметра фільєри. Діаметр фільєри може коливатися в діапазоні від 0,7 до 2,5 мм. В'язкість суміші тим більше, чим більше введено наповнювача. Суміш з видаткової ємності надходить на фільєру, крізь яку самопливом у вигляді крапель потрапляє в ванну грануляту, заповнену 30% розчином хлориду кальцію щільністю 1,29-1,35 г/см³. У момент, коли краплі потрапляють в розчин хлориду кальцію, вони утворюють гранули з укріпленням поверхневим шаром, який представляє собою кремнегеля, що містить адсорбований оксид кальцію. Виходять гранули, які містять всередині вихідну рідкоскляну композицію. Зміцнення поверхні гранули відбувається в результаті протікання обмінних реакцій між силікатом натрію і розчином хлориду кальцію, за наступною схемою (реакція 3.13):



(3.13)

Гранули, які утворилися, витримують в розчині протягом 30 - 40 хвилин при температурі навколишнього середовища, після чого розчин зливають, а гранули висушують при кімнатній температурі протягом 24 годин.

Третя стадія процесу - безпосередньо спучування і затвердіння гранул. Спучування можна проводити в печі НВЧ, при потужності випромінювання 600 - 700 Вт протягом 5 - 8 хвилин, або в сушильній шафі протягом 30 - 40 хвилин при температурі 250 - 280 ° С, в залежності від складу композиції.

					ПД.12.01.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ документа	Підп.	Дата		43

Основні властивості отриманих гранул наведені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2

Властивості гранул

Уявна щільність, г/см ³	Дійсна щільність, г/см ³	Насипна щільність, г/см ³	Гігроскопічність, %	Водопоглинання, %	Абсолютна вологість, %
0,33	0,25	0,127	15,1	16,1	64,7

3.4 Технологія отримання блочних теплоізоляційних матеріалів на основі карбамідоформальдегідної смоли

Для виготовлення теплоізоляційних блоків спочатку виготовляється гранульований наповнювач, після чого формується блок.

Для отримання піноматеріалів на основі КФС готується двокомпонентна система зв'язуюче і спучені гранули. Перший компонент зв'язуючого являє собою суміш КФС, піностабілізатора, газоутворюючого агента (карбонату кальцію, бікарбонату натрію) і мінерального наповнювача (алебастру). Другий компонент - кислотний каталізатор затвердіння, за допомогою якого відбувається перевод лінійного олігомера в отверджений тривимірний стан, в якості якого використовується каталітична система на основі ортофосфорної кислоти і етиленгліколю в мольному співвідношенні 1:1. Використання ортофосфорної кислоти в даній роботі обумовлено досить швидкою каталітичною дією її і меншою корозійною активністю в порівнянні з іншими сильними кислотами (HCl, H₂SO₄). Крім того, ортофосфорна кислота сприяє отриманню стабільної піни і надає пінопласту додаткові вогнезахисні властивості [89]. Етиленгліколь до складу пінопластів вводять для уповільнення процесу спінювання, усунення крихкості і збільшення концентрації кислотного каталізатора в композиції.

Збільшення часу гелеутворення при введенні етиленгліколю обумовлено тим, що значна частина ортофосфорної кислоти взаємодіє з ним, що призводить до ослаблення каталітичного впливу ортофосфорної кислоти на процес затвердіння карбамідоформальдегідної смоли. Піностабілізатор вводять для стабілізації піни до досягнення нею необхідної в'язкості при спінненні.

Піноматеріали отримують шляхом змішування гранульованого наповнювача з компонентами зв'язуючого і заливання його в певні форми, в яких відбувається спіннення, затвердіння, а потім сушка піноматеріалу при температурі навколишнього середовища (20 - 25 ° С). Отримання піноматеріалів проходить в три стадії:

- перша - змішування КФС з добавками (ПАР, наповнювач, газоутворюючий агент) близько 2 - 3 хвилин;
- друга - введення в отриману суміш спучених гранул і перемішування близько 2 хвилин;
- третя - введення в композицію каталітичної системи, в результаті чого композиція спінюється (2 - 3 с.) і отверджується.

Після повного затвердіння композиції (50 - 60 хв.) Блок витягають з форми і залишають для остаточного сушіння до постійної ваги при кімнатній температурі на 10 діб. За цей час піноматеріал набирає максимальну міцність. На рис 3.1 зображена блок - схема отримання карбамідоформальдегідного теплоізоляційного матеріалу.

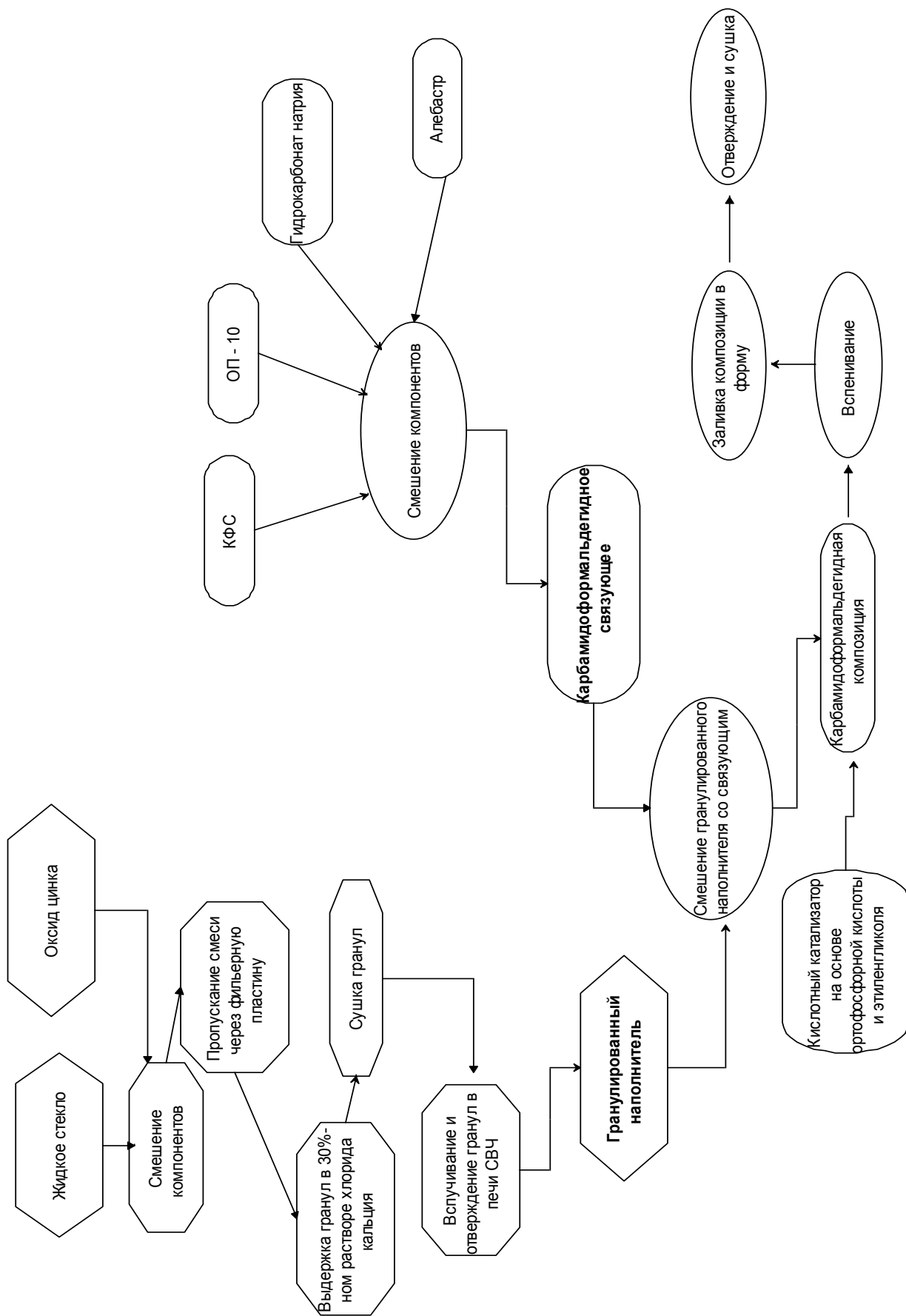


Рис. 3.1 Блок – схема отримання карбамідоформальдегідного теплоізоляційного матеріала.

Ізм	Лист	№ документа	Підп.	Дата

4 Експериментальна частина

Пінопласти на основі карбамідних олігомерів - одні з перших газонаповнених пластмас, які знайшли широке застосування в якості теплоізоляційного матеріалу. Теплоізоляційні матеріали на основі спінених карбамідоформальдегідних смол мають ряд переваг перед іншими спіненими полімерними матеріалами. Вони не горючі (відносяться до групи горючості Г1), для їх виробництва може використовуватися більш дешева сировина, технологія спінювання проста у виконанні і не вимагає вартісного обладнання. Заливка пінопласту може проводитися в форми в умовах цеху, а також в технологічні порожнини кладки стін будівель на місці будівництва [90]. В даний час найбільш поширений карбамідоформальдегідний пінопласт - це піноізол. Його отримують шляхом механічного спінювання і подальшої полімеризації КФС [91]. Технологічний процес виготовлення піноізолу складається з трьох ключових операцій. Перша - змішування компонентів, друга - спінювання за допомогою стиснутого повітря, третя - сушка. Спінена маса заливається в форми, якщо треба отримати листовий піноізол. У формі відбувається кінцева полімеризація і затвердіння одержуваного піноізолу. [92]. Недоліками піноізолу є крихкість і усадка на етапі сушіння матеріалу [93], що обумовлено високими внутрішніми напруженнями, що виникають в процесі полімеризації, високе водопоглинання і низьке значення водостійкості. Для усунення цих недоліків в композицію вводять гранульований наповнювач. Так готують склопінокарбамід. Переваги цього матеріалу перед традиційними карбамідними пінопластами - значне зменшення усадочних деформацій при істотному підвищенні жорсткості і міцності. Об'ємна маса склопінокарбаміда дорівнює 60 кг / м^3 , міцність при стисненні $0,04 - 0,08 \text{ МПа}$, теплопровідність - $0,04 \text{ Вт / (м} \cdot \text{° C)}$ [94-95].

Одним із суттєвих недоліків склопінокарбаміда є досить високе водопоглинання, обумовлене значною часткою наскрізної пористості в структурі і низьке значення водостійкості, що приводить до необхідності їх

					ПД.12.01.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ документа	Підп.	Дата		47

захисту від впливу ударно - механічних навантажень, води і атмосферних опадів [96].

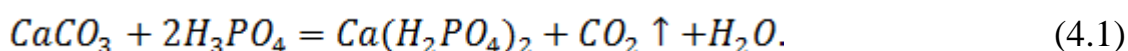
Запропоноване в даній роботі введення рідкоскляноо гранульованого наповнювача в карбамідоформальдегідну композицію дозволяє зменшити внутрішні напруження в матеріалі, і як наслідок зменшити усадочні явища теплоізоляційного матеріалу, підвищити його показники міцності, знизити показники водопоглинання, гігроскопічність, а так само зменшити витрату полімерних компонентів зв'язуючого. Композиція буде спінюватися хімічним шляхом за рахунок введення газоутворюючого агента. Такі матеріали відрізняються від спінених механічним способом більшою міцністю і жорсткістю.

4.1 Оцінка фізико - механічних показників блочного теплоізоляційного матеріалу в залежності від кількості газоутворюючого агента

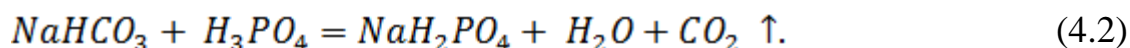
На якість піни впливають багато факторів (тип смоли, вид газоутворюючого агента, наповнювача, ПАР, температура проведення процесу спінювання і ін.), і тому важливим є правильний вибір газоутворюючого агента, що враховує особливості переробки полімеру і його використання.

Вибір газоутворюючих агентів був зроблений на основі літературних даних [7] і обумовлений такими властивостями як хороша сумісність з КФС, а також доступність і дешевизна. Як газоутворюючі агенти були обрані карбонат кальцію і гідрокарбонат натрію, які при взаємодії з ортофосфорною кислотою виділяють вуглекислий газ і перекис водню, при взаємодії якої з перманганатом калію виділяється кисень.

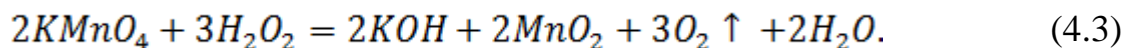
Реакція взаємодії карбонату кальцію і ортофосфорної кислоти протікає за формулою 4.1 [96]:



Реакція взаємодії бікарбонату натрію з ортофосфорної кислотою протікає за формулою 4.2 [97]:



Реакція взаємодії перекису водню з перманганатом калію протікає по формулі 4.3:



Як гранульований наповнювач використовувалися спучені гранули на основі рідкого скла, отримані за технологією, описаної в розділі 2.3.

На підставі розглянутих матеріалів і проведених експериментів для дослідження впливу газоутворюючого агента на властивості блочного теплоізоляційного матеріалу були підбрані рецептури, які представлені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1

Рецептури для отримання зв'язуючого з різною кількістю газоутворюючого агента (на 100 мас. ч. КФС)

Вид газоутворюючого агента	Кількість добавок					Співвідношення гранульованого наповнювача до зв'язуючого
	газоутворюючий агент	кислотний катализатор	алебастр	ОП - 10	перманганат калія	
1	2	3	4	5	6	7
1. Карбонат кальцію	0 - 5	30	0 - 10	0,3	-	1 : 2,5
2. Гідрокарбонат натрію	0 - 5	30	3	0,3	-	1 : 2,5
3. Перекис водню	0 - 10	30	3	0,3	1,3 - 6,7	1 : 1,5

Оптимальним співвідношенням кількості гранульованого наповнювача до зв'язуючого при використанні газоутворюючих агентів CaCO_3 і NaHCO_3 є 1 : 2,5, оскільки при їх меншому співвідношенні кількості зв'язуючого мало і гранули виступають, а при більшому - збільшується крихкість піноматеріала. При використанні газоутворюючого агента H_2O_2 оптимальним

співвідношенням було вибрано 1: 1,5, тому що при подальшому збільшенні кількості зв'язуючого матеріал розтріскується і розсипається, а при меншому - зв'язуючого недостатньо, щоб покрити гранули.

Основні фізико - механічні показники спіненого блочного теплоізоляційного матеріалу представлені в таблицях 4.2, 4.3 і 4.4.

Таблиця 4.2

Основні фізико - механічні показники блочного теплоізоляційного матеріалу в залежності від кількості карбонату кальцію

Найменування показника	Значення показника						
	1	2	3	4	5	6	7
Кількість CaCO ₃ , мас. ч.	0	1	2	3	4	5	
Коефіцієнт спінювання	1	2,4	3,0	3,2	3,9		4,1
Уявна щільність, кг/м ³	905	395	300	264	249		244
Дійсна щільність, кг/м ³	787	524	421	414	412		408
Вологість, %	3	5,6	5,7	5,8	6,0		6,4
Водопоглинання, %	30	63	73	80	92		123
Гігроскопічність, %	6	14,8	16	17	18		19
Межа міцності при 10% -вій деформації стискування,	-	0,54	0,46	0,44	0,34		0,31
Межа міцності при вигині, МПа	-	0,56	0,50	0,47	0,42		0,34
Лінійна температурна усадка, %	20,2	3,2	3,8	4,07	4,23		4,56

Таблиця 4.3

Основні фізико - механічні показники блочного теплоізоляційного матеріалу в залежності від кількості гідрокарбонату натрію

Найменування показника	Значення показника					
	2	3	4	5	6	7
1	2	3	4	5	6	7
Кількість CaCO ₃ , мас. ч.	0	1	2	3	4	5
Коефіцієнт спінювання	1	2,6	3,1	3,6	4,1	4,5
Уявна щільність, кг/м ³	905	353	280	250	237	218
Дійсна щільність, кг/м ³	787	495	418	396	359	335
Вологість, %	3	4,9	5,2	5,6	5,8	6
Водопоглинання, %	30	58	64	73	82	90
Гігроскопічність, %	6	13,8	14,9	16	17	18
Межа міцності при 10% - вій деформації стискування,	-	0,60	0,50	0,47	0,40	0,36
Межа міцності при вигині, МПа	-	0,64	0,58	0,50	0,44	0,39
Лінійна температурна усадка, %	20,2	2,8	2,85	3,03	3,56	3,8

У зразках без використання газоутворюючого агента не вдалося дослідити межу міцності при 10% - вій деформації стиснення і при вигині, так як блоки без додавання газоутворюючого агента по закінченню декількох днів розтріскувалися внаслідок великих внутрішніх напружень.

З даних таблиць 4.2 і 4.3 видно, що введення в композицію гранульованого наповнювача дозволяє значно поліпшити такі показники, як

водопоглинання, гігроскопічність, межа міцності при 10% - вий деформації стиснення і при вигині.

Таблиця 4.4

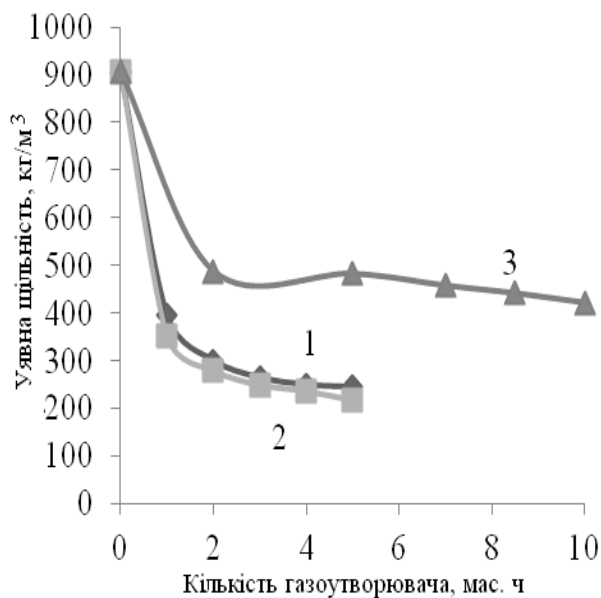
Основні фізико - механічні показники блочного теплоізоляційного матеріалу в залежності від кількості H_2O_2

Найменування показника	Значення показника						
	1	2	3	4	5	6	7
Кількість H_2O_2 , мас. ч.	0	2	5	7	8,5	10	
Коефіцієнт спінювання	1	1,6	2	2,1	2,25	2,75	
Уявна щільність, $кг/м^3$	905	488	483	458	442	422	

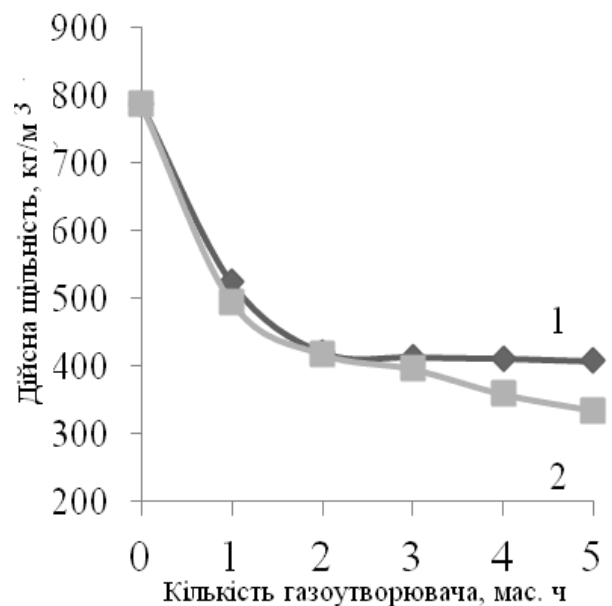
В ході випробувань такі показники як: дійсна щільність; вологість; водопоглинання; гігроскопічність; межа міцності при 10% - вий деформації стиснення і вигині, лінійна температурна усадка не вдалося дослідити, оскільки піноматеріали з використанням газотворюючого агента H_2O_2 неміцні і розсипаються.

Нижче наведені графіки, які дозволяють більш детально дослідити вплив кількості обраних газотворюючих агентів на властивості блочного теплоізоляційного матеріалу.

Вплив газообразующего агента на гадану і дійсну густину блочного теплоізоляційного матеріалу відображено на рис. 4.1.



а)



б)

Рис. 4.1 Вплив газотворюючого агента на щільність блочного теплоізоляційного матеріалу: а) уявну і б) дійсну (1 - карбонат кальцію, 2 - гідрокарбонат натрію, 3 - перекис водню)

Згідно рис. 4.1 видно, що зі збільшенням кількості газотворюючого агента закономірно зменшується щільність блоку, так як збільшується вміст активних компонентів газотворюючого агента. Найменша уявна і дійсна щільності спостерігаються при використанні бікарбонату натрію в кількості 5 мас. ч. і становлять відповідно 218 кг / м^3 і 335 кг / м^3 . Очевидно, це найбільш оптимальне співвідношення активного і неактивного компонентів з точки зору кореляції хімічної реакції газотворення і затвердіння КФС. Але така низька щільність свідчить про велику кількість пустот, що призведе до крихкості матеріалу. При використанні NaHCO_3 в кількості 1 і 2 мас. ч. газотворюючого агента недостатньо для спінювання суміші, зв'язуюче не в повному обсязі покриває гранули, через що поверхня блоку горбиста, а уявна і дійсна щільності таких блоків становить відповідно 353 кг / м^3 і 495 кг / м^3 при 1 мас. ч. і 280 кг / м^3 і 418 кг / м^3 при 2 мас. ч.

При використанні карбонату кальцію найменша уявна і дійсна щільності спостерігаються також в кількості 5 мас. ч. і становлять відповідно 244 кг / м^3 і 408 кг / м^3 . При використанні карбонату кальцію в кількості 1 - 2

Ізм	Лист	№ документа	Підп.	Дата

мас. ч. газоутворюючого агента недостатньо для спінювання суміші і гранули виступають.

Оптимальна кількість карбонату кальцію і бікарбонату натрію - 3 мас. ч. При такій кількості блоки міцні, не розтріскуються, а їх уявна і дійсна щільності складають відповідно 264 кг / м^3 і 414 кг / м^3 при використанні CaCO_3 і 250 кг / м^3 і 396 кг / м^3 при використанні NaHCO_3 .

При використанні перекису водню найменша уявна щільність досягається при 10 мас. ч. і становить 422 кг / м^3 , але блок не міцний і розсипається. При використанні перекису водню в кількості 7 і 8,5 мас. ч. поверхня блоку розтріскується, а уявна щільність таких блоків становить 458 кг / м^3 і 442 кг / м^3 відповідно.

Вплив газоутворюючого агента на водопоглинання і гігроскопічність блочного теплоізоляційного матеріалу відображено на рис. 4.2.

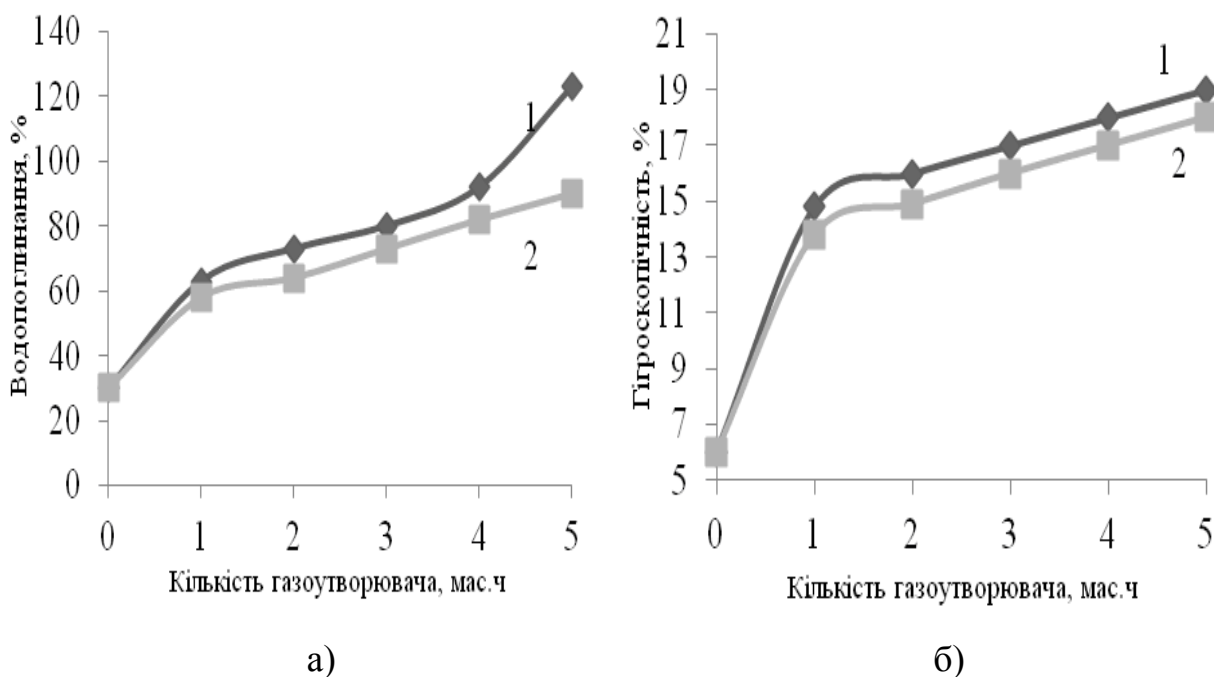


Рис. 4.2 Вплив газоутворюючого агента на а) водопоглинання і б) гігроскопічність блочного теплоізоляційного матеріалу (1 - карбонат кальцію, 2 - гідрокарбонат натрію)

Як видно з рис. 4.2 збільшення показників водопоглинання і гігроскопічності майже прямопропорційно залежить від кількості газоутворюючого агента в складі сполучного. При мінімальному вмісті

газоутворюючих агентів (1 мас. ч.) показники водопоглинання і гігроскопічності зразків найнижчі і складають в разі карбонату кальцію 63% і 14,8% відповідно, а в разі бікарбонату натрію 58% і 13,8% відповідно, так як пористість зразків низька і становить 25% з карбонатом кальцію і 29% - з гідрокарбонатом натрію (частка відкритих пір з використанням карбонату кальцію і бікарбонату натрію становить відповідно 22,74% і 19,91%, а закритих - відповідно 2,26% і 9,03%). При подальшому збільшенні вмісту газоутворюючого агента збільшується частка відкритих пір, а, отже, зростають показники водопоглинання і гігроскопічності.

Визначити гігроскопічність і водопоглинання зразків з перекисом водню не вдалося, оскільки вони руйнуються при зануренні у воду і при поглинанні водяної пари.

Вплив газоутворюючого агента на межу міцності при 10% - вій деформації стиснення і при вигині блочного теплоізоляційного матеріалу наведено на рис. 4.3.

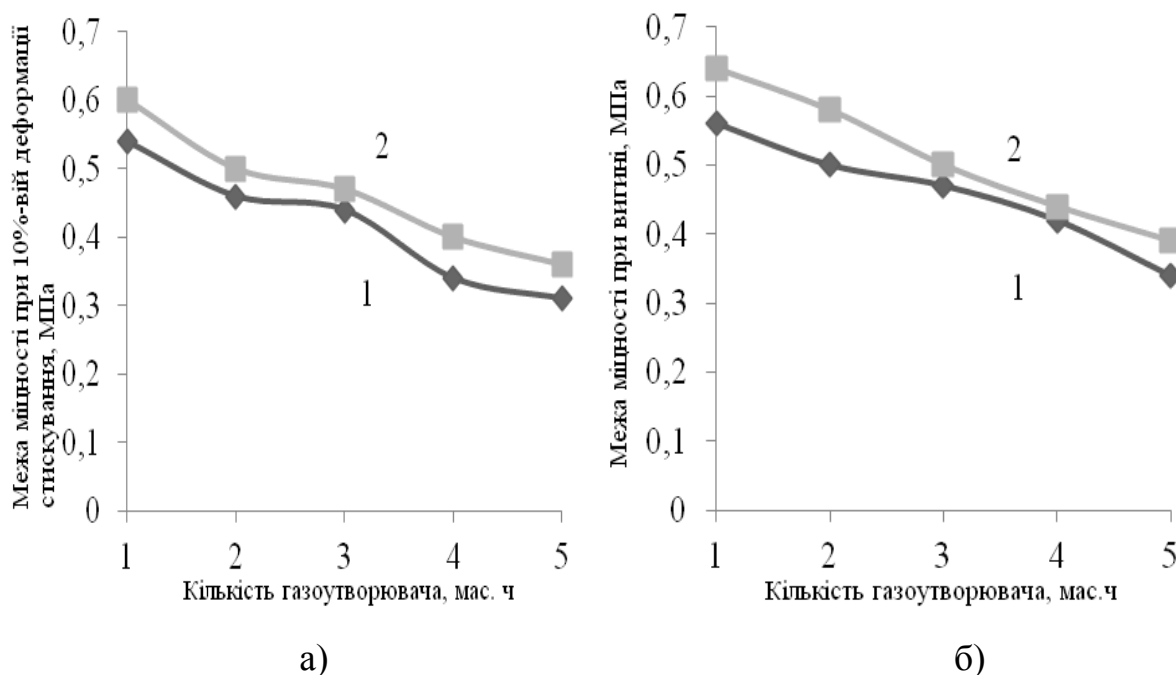


Рис. 4.3 Вплив газоутворюючого агента на межу міцності блочного теплоізоляційного матеріалу: а) при 10% -вій деформації стиснення і б) при вигині (1 - карбонат кальцію; 2 - гідрокарбонат натрію)

Згідно рис. 4.3 найбільшою межею міцності при 10% - вий деформації стиснення і при вигині, а саме 0,60 МПа; 0,64 МПа відповідно з використанням бікарбонату натрію і 0,54 МПа; 0,56 МПа відповідно - з карбонатом кальцію характеризується матеріал, для виготовлення якого використовувався газоутворюючий агент в кількості 1 мас. ч. При подальшому збільшенні кількості газоутворюючого агента збільшується розмір пір, і знижуються показники межі міцності блоків. Це, по - мабуть, пов'язано зі збільшенням рухливості молекулярних ланцюжків початкової карбамідної смоли, що призводить до зменшення поверхневого натягу спінюємої композиції за рахунок утворення полішарів на поверхні гранульованого наповнювача і, отже, зменшення показників міцності.

Порівнюючи обидва типи газоутворюючих агентів можна зробити висновок: незважаючи на те, що показники уявної щільності з використанням карбонату кальцію і бікарбонату натрію майже однакові (264 кг / м³ і 250 кг / м³ відповідно), кращим газоутворюючим агентом є гідрокарбонат натрію. При 3 мас. ч. бікарбонату натрію зразки володіють не тільки низькою щільністю і відсутністю тріщин, а й досить високими показниками міцності (межа міцності при стисненні становить 0,47 МПа, а при вигині - 0,50 МПа), а показники міцності з використанням карбонату кальцію в кількості 3 мас. ч. складають відповідно 0,44 МПа і 0,47 МПа.

					ПД.12.01.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ документа	Підп.	Дата		56

4.2 Оцінка фізико - механічних показників блочного теплоізоляційного матеріалу в залежності від кількості наповнювача

Введення наповнювачів застосовується з метою поліпшення механічних і експлуатаційних характеристик цільового продукту, надання йому різних специфічних властивостей (щільність, пористість, текстура, колір і т.д.), а також зниження усадки, гігроскопічність і вартості. Вибір наповнювача визначається фізико - механічними особливостями утворення полімерних пін, їх морфологією і призначенням. До наповнювачів пред'являють такі вимоги:

1. Хороша змочуваність рідким полімером.
2. Здатність поєднуватися з полімером з утворенням однорідної маси.
3. Незмінність властивостей при зберіганні і при переробці.
4. Мінімальна вартість [99].

З огляду на ці вимоги, в даній роботі в якості наповнювачів були обрані алебастр і цемент, які, крім того, при додаванні води (яка міститься в КФС) вони пов'язують її надмірну кількість в своїй кристалічній решітці, що дозволить підвищити міцність піноматеріала [97]. Також, що не менш важливо, вибрані наповнювачі є екологічно чистими і вогнестійкими компонентами.

Реакції взаємодії алебастру і цементу з водою представлені в розділі 3.3 (формули 3.4 і 3.5).

Для дослідження впливу наповнювачів на властивості спіненого блочного теплоізоляційного матеріалу були підібрані рецептури, які представлені в таблиці 4.5.

Таблиця 4.5

Рецептури для отримання зв'язуючого

Вид наповнювача	Кількість добавок (на 100 мас. ч. КФС)				Співвідношення гранульованого наповнювача до зв'язуючого
	наповнювача	кислотний катализатор	гідрокарбо- нат натрію	ОП - 10	
1	2	3	4	5	6
1. Алебастр	0 - 6	30	3	0,3	1:2,5
2. Цемент	0 - 15	30	3	0,3	1:2,5

Основні показники спіненого блочного теплоізоляційного матеріалу із застосуванням алебастру і цементу представлені в таблицях 4.6 і 4.7.

Таблиця 4.6

Основні показники блочного теплоізоляційного матеріалу
в залежності від кількості алебастру

Найменування показника	Значення показника						
	2	3	4	5	6	7	8
1	2	3	4	5	6	7	8
Кількість алебастру, мас. ч.	0	1	2	3	4	5	6
Коефіцієнт спінювання	2,1	2,2	2,9	3,4	3,4	2,6	2,1
Уявна щільність, кг/м ³	487	411	303	250	238	358	384
Дійсна щільність, кг/м ³	720	650	520	396	389	610	640
Вологість, %	4,8	4,9	5,3	5,6	5,5	5,2	5,1
Водопоглинання, %	148	57,7	64	73	100	85,7	85
Гігроскопічність, %	38,3	13,2	14,9	16	27,3	19,2	18,4

Продовження таблиці 4.6

1	2	3	4	5	6	7	8
Межа міцності при 10% -вій деформації стискування, МПа	0,01	0,7	0,65	0,47	0,12	0,14	0,28
Межа міцності при вигині, МПа	0,01	0,80	0,60	0,50	0,17	0,23	0,41
Лінійна температурна усадка, %	6,7	2,04	2,57	3,03	3,1	2,7	2,4

Таблиця 4.7

Основні показники блочного теплоізоляційного матеріалу
в залежності від кількості цементу

Найменування показника	Значення показника								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Кількість цементу , мас. ч.	0	1	3	5	7	9	10	15	
Коефіцієнт спінування	1,5	1,8	2,3	2,5	2,5	2,6	2,6	2,4	
Уявна щільність, кг/м ³	487	484	446	392	387	384	380	429	
Дійсна щільність, кг/м ³	720	670	544	530	524	522	518	536	
Вологість, %	4,8	6,2	6,8	8,2	8,8	9,4	9,4	9,2	
Водопоглинання, %	148	67,2	75	78,2	98,7	123,7	124	77,4	
Гігроскопічність, %	38,3	8,1	9,8	16,7	19,4	26,8	27,3	18,5	
Межа міцності при 10% -вій деформації стискування, МПа	0,01	1,02	0,8	0,43	0,43	0,31	0,25	0,4	
Межа міцності при вигині, МПа	0,01	1,19	0,80	0,62	0,58	0,51	0,33	0,44	
Лінійна температурна усадка, %	6,7	2	2,2	2,6	3	3,2	4,7	2,8	

Ізм	Лист	№ документа	Підп.	Дата
-----	------	-------------	-------	------

ПД.12.01.ПЗ

Лист

59

Нижче наведені графіки, які дозволяють більш детально дослідити вплив різної кількості обраних наповнювачів на властивості блочного теплоізоляційного матеріалу.

Вплив наповнювача на уявну і дійсну щільність блочного теплоізоляційного матеріалу відображено на рис. 4.4.

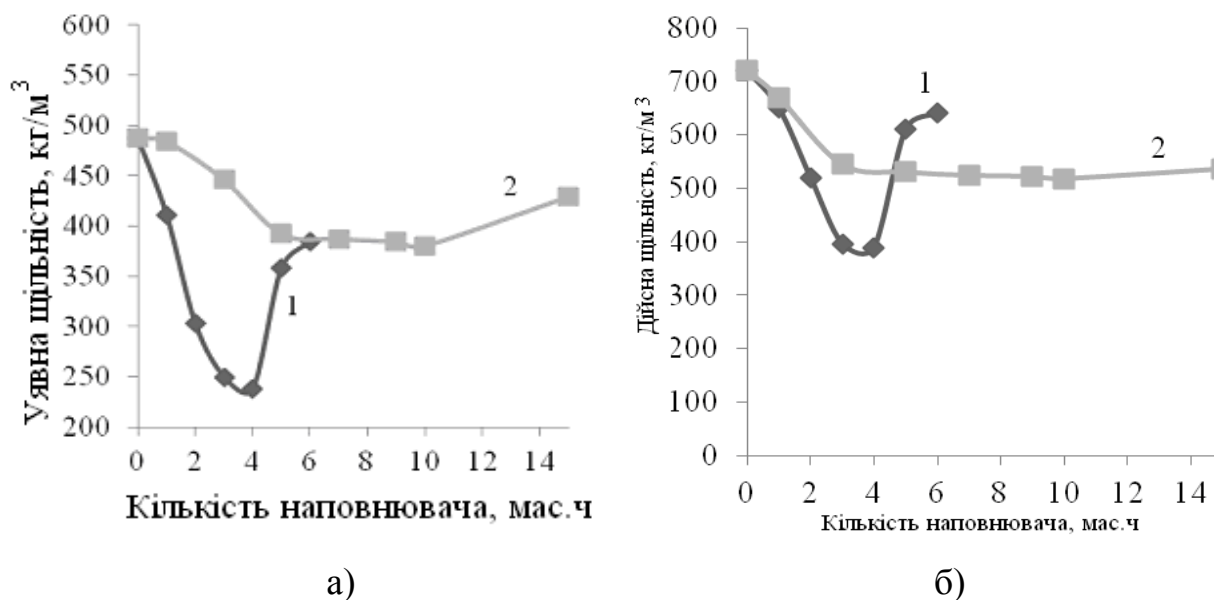


Рис. 4.4 Вплив наповнювача на щільність блочного теплоізоляційного матеріалу: а) уявну і б) дійсну (1 - алебастр, 2 - цемент)

З даних рис. 4.4 видно, що зразки без додавання наповнювача мають високу щільність (487 кг / м^3) і характеризуються дуже швидким підняттям піни, яка в подальшому осідає, тому що композиція має низьку в'язкість і не стабілізується до моменту затвердіння. Введення наповнювача дозволяє знизити щільність за рахунок підвищення в'язкості композиції і її стабілізації. Найменша щільність спостерігається при використанні алебастру в кількості 4 мас. ч. і становить 238 кг / м^3 . При збільшенні кількості алебастру до 6 мас. ч. зв'язуюче має високу в'язкість, що призводить до збільшення щільності до 384 кг / м^3 - на графіку утворюється точка екстремуму. Таке збільшення щільності пояснюється тим, що швидкість затвердіння перевищує швидкість спінювання, що призводить до фіксації нізкократной піни і виникнення внутрішніх напружень, що приводять до утворення тріщин, і, як наслідок, погіршення властивостей пінопласту. При використанні цементу найменша

щільність спостерігається при використанні 10 мас. ч. і становить 380 кг / м³. Подальше збільшення кількості цементу призводить до збільшення щільності до 429 кг / м³. Очевидно, така кількість цементу призводить до активної взаємодії його з водою, яка міститься в карбамідоформальдегідній смолі з утворенням камневидного тіла, внаслідок чого знижується кратність спінювання і зростає щільність.

Вплив наповнювача на водопоглинання і гігроскопічність блочного теплоізоляційного матеріалу відображено на рис. 4.5.

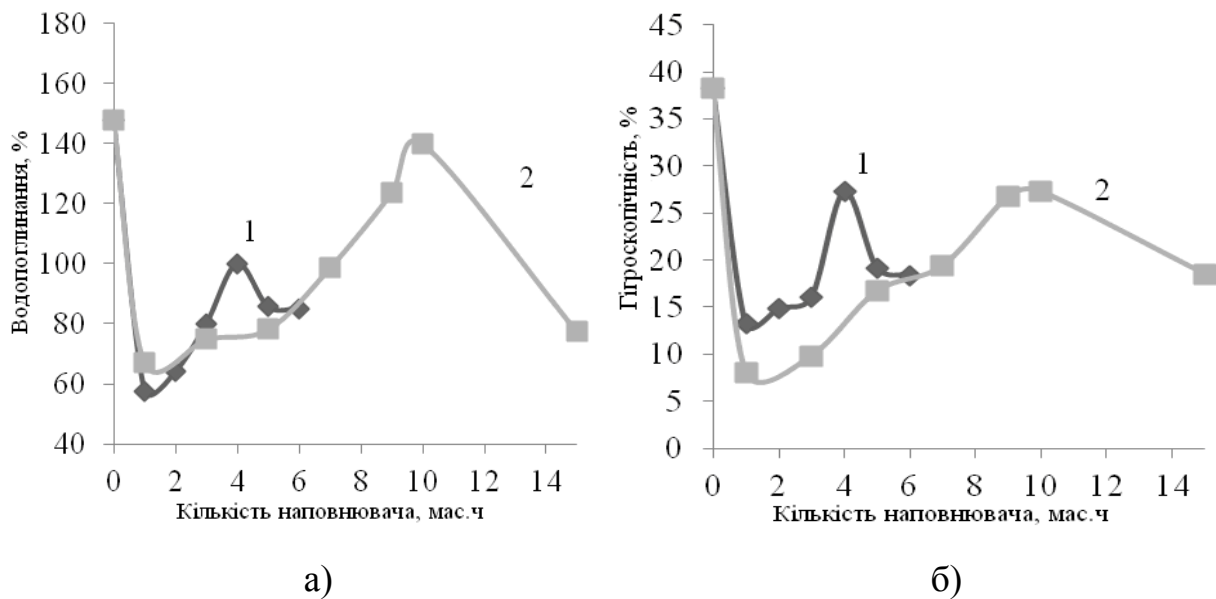


Рис. 4.5 Вплив наповнювача на а) водопоглинання і б) гігроскопічність блочного теплоізоляційного матеріалу (1 - алебастр, 2 - цемент)

Як видно з рис. 4.5, введення наповнювача в кількості 1 мас. ч. дозволяє знизити показники водопоглинання і гігроскопічності до 57,7% і 13,2% відповідно при використанні алебастру і до 67,2% з 8,1% відповідно - при додаванні цементу. Зі збільшенням кількості наповнювача показники водопоглинання і гігроскопічності ростуть, так як збільшується частка відкритих пір (при введенні алебастру в кількості 4 мас. ч. частка відкритих пір складає 38,9%, а при 1 мас. ч. - 37,5%; при введенні цементу в кількості 10 мас. ч. частка відкритих пір складає 38,4%, а при 1 мас. ч. - 36,3%) і, отже, можливість насичення зразків вологою також збільшується. При введенні алебастру понад 4 мас. ч. і цементу понад 10 мас. ч. показники

водопоглинання і гігроскопічності знижуються внаслідок зменшення пористості зразків, через їх передчасне затвердіння.

Вплив наповнювача на показники міцності наведено на рис. 4.6.

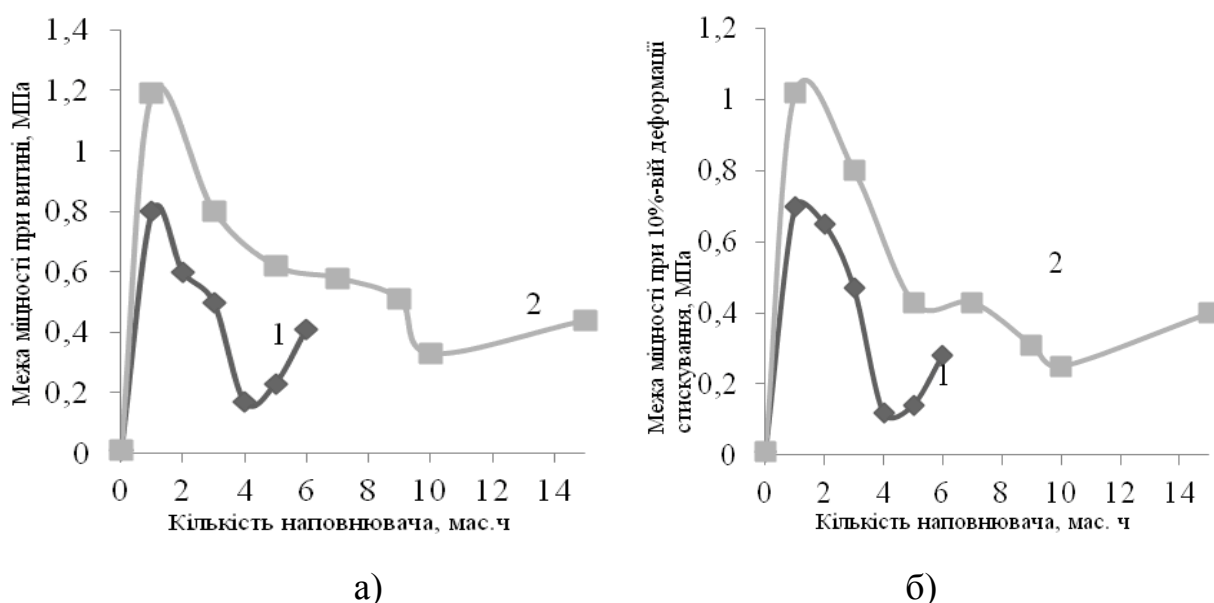


Рис. 4.6 Вплив наповнювача на межу міцності а) при вигині і б) при стисненні блочного теплоізоляційного матеріалу (1 - алебастр; 2 - цемент)

Згідно рис. 4.6 найбільшою межею міцності при вигині і при стисненні, а саме 1,19 МПа і 1,02 МПа з використанням цементу і 0,8 МПа і 0,7 МПа відповідно з алебастром характеризується матеріал, для виготовлення якого використовувався наповнювач в кількості 1 мас. ч. При подальшому збільшенні кількості наповнювача знижується щільність, збільшується пористість і, отже, показники межі міцності блоків також знижуються. При введенні алебастру понад 4 мас. ч. і цементу свіше 10 мас. ч. показники міцності підвищуються внаслідок збільшення щільності та зменшення пористості зразків.

Порівнюючи обидва типи наповнювача можна зробити висновок, що оптимальним наповнювачем для отримання карбамідоформальдегідного теплоізоляційного матеріалу є алебастр в кількості 3 мас. ч. Такі зразки мають однорідну дрібнопористу структуру в поєднанні з низькою щільністю, яка становить 250 кг / м³, показники водопоглинання і гігроскопічності

складають всього 73% і 17% відповідно, а межа міцності при вигині і при стисненні становить відповідно 0,5 МПа і 0,47 МПа.

4.3 Оцінка фізико - механічних показників блочного теплоізоляційного матеріалу в залежності від кількості ПАР

До факторів, які впливають на стабільність пін, відносяться: висока поверхнева в'язкість; міграція молекул ПАР, захоплюючих гідрофільними групами водну фазу до ділянок плівки піни з меншою товщиною; висока еластичність плівки піни, обумовлена величиною когезії молекул ПАР на межі поділу фаз. Ефективність стабілізатора визначається здатністю до утворення структурно - механічного бар'єру; наявністю в молекулі ПАР яскраво виражених гідрофільної і гідрофобної частини, що перешкоджають її переходу в ту чи іншу фазу; можливість взаємодії молекул ПАР, що обмежує свободу їх пересування по межі поділу фаз [27].

У даній роботі як ПАР були вибрані ОП - 10 і полівінілацетатна дисперсія (ПВАД), які мають гарну сумісність з КФС, вони екологічні і не токсичні, а також мають високі адгезійні властивості, що позитивно впливає на зчеплення гранул зі зв'язуючим.

Для дослідження впливу ОП - 10 і ПВАД на властивості спіненого блочного теплоізоляційного матеріалу були підібрані рецептури, які представлені в таблиці 4.8.

Таблиця 4.8

Рецептури для отримання зв'язуючого

Вид ПАР	Кількість добавок (на 100 мас. ч. КФС)				Співвідношення гранульованого наповнювача до зв'язуючого
	ПАР	кислотний каталізатор	гідрокарбонат натрія	алебастр	
1	2	3	4	5	6
1. ОП - 10	0 - 1	30	3	3	1:2,5
2. ПВАД	0 - 1	30	3	3	1:2,5

Основні показники спіненого блочного теплоізоляційного матеріалу із застосуванням ОП - 10 і ПВАД представлені в таблицях 4.9 і 4.10.

Таблиця 4.9

Основні показники блочного теплоізоляційного матеріалу
в залежності від кількості ОП - 10

Найменування показника	Значення показника					
	1	2	3	4	5	6
Кількість ОП - 10 , мас. ч.	0	0,1	0,2	0,3	0,5	1
Коефіцієнт спінювання	2,5	2,9	3,1	3,4	3,5	4,2
Уявна щільність, кг/м ³	484	463	442	250	215	202
Дійсна щільність, кг/м ³	780	660	606	396	356	342
Вологість, %	10,5	2,1	3,7	5,6	9	11,6
Водопоглинання, %	120,4	59,1	61,2	73	90	128,6
Гігроскопічність, %	20,6	9,52	12	16	16,7	17,2
Межа міцності при 10% -вій деформації стискування, МПа	0,1	0,56	0,47	0,47	0,36	0,33
Межа міцності при вигині, МПа	0,2	0,65	0,55	0,50	0,4	0,38
Лінійна температурна усадка, %	11,2	2,1	2,2	3,03	4	4,8

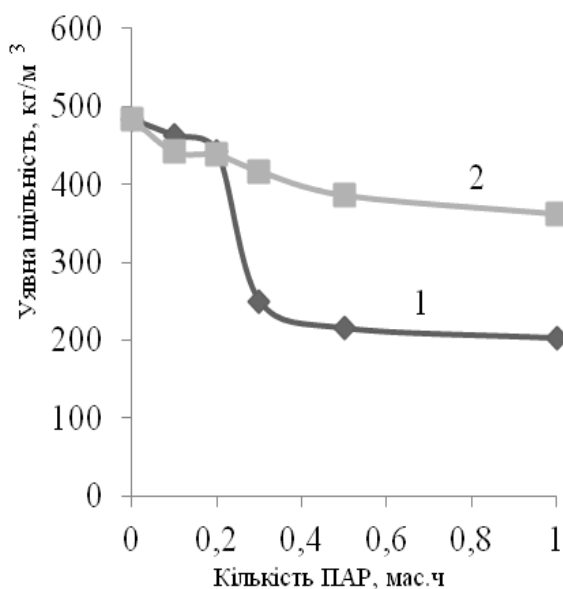
Таблиця 4.10

Основні показники блочного теплоізоляційного матеріалу
в залежності від кількості ПВАД

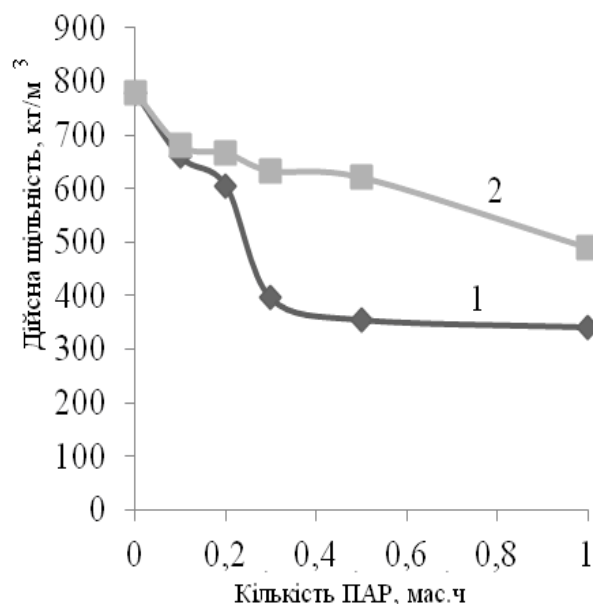
Найменування показника	Значення показника					
	1	2	3	4	5	6
Кількість	0	0,1	0,2	0,3	0,5	1
ПВАД						
Коефіцієнт спінювання	2,5	2,5	2,5	2,6	3,2	3,4
Уявна щільність, кг/м ³	484	442	438	417	386	362
Дійсна щільність, кг/м ³	780	680	667	633	621	489
Вологість, %	10,5	6,7	6,9	7,8	8,1	10,3
Водопоглинання, %	120,4	65,9	89,2	91,2	95,4	100,5
Гігроскопічність, %	20,6	8,7	9,8	9,9	10,1	20,3
Межа міцності при 10% -вій деформації стискування, МПа	0,1	0,5	0,39	0,3	0,25	0,15
Межа міцності при вигині, МПа	0,2	0,62	0,53	0,4	0,38	0,21
Лінійна температурна усадка, %	11,2	2,1	3	4,3	6,1	10,2

Нижче наведені графіки, які дозволяють більш детально дослідити вплив різної кількості обраних ПАР на властивості блочного теплоізоляційного матеріалу.

Вплив ПАР на уявну і дійсну щільність блочного теплоізоляційного матеріалу відображено на рис. 4.7.



а)



б)

Рис. 4.7 Вплив ПАР на щільність блочного теплоізоляційного матеріалу: а) уявну і б) дійсну (1 - ОП - 10, 2 - ПВАД)

З рис. 4.7 ми бачимо, що найменша уявна густина спостерігається при використанні в якості ПАР ОП - 10 в кількості 1 мас. ч. і становить 202 кг / м³. Оптимальною кількістю ОП - 10 і ПВАД є 0,3 мас.ч і 1 мас.ч. відповідно. В цьому випадку уявна щільність з використанням ОП - 10 складає 250 кг / м³, а з використанням ПВАД - 362 кг / м³, дана кількість ПАР надає стабілізуючу дію на піну і, як наслідок, запобігає її осіданню. Подальше збільшення ОП - 10 в складі зв'язуючого призводить до низьких показників щільності, а також до значного зниження показників міцності блочного теплоізоляційного матеріалу, внаслідок пластифікації полімеру.

Вплив ПАР на водопоглинання і гігроскопічність блочного теплоізоляційного матеріалу відображено на рис. 4.8.

Ізм	Лист	№ документа	Підп.	Дата

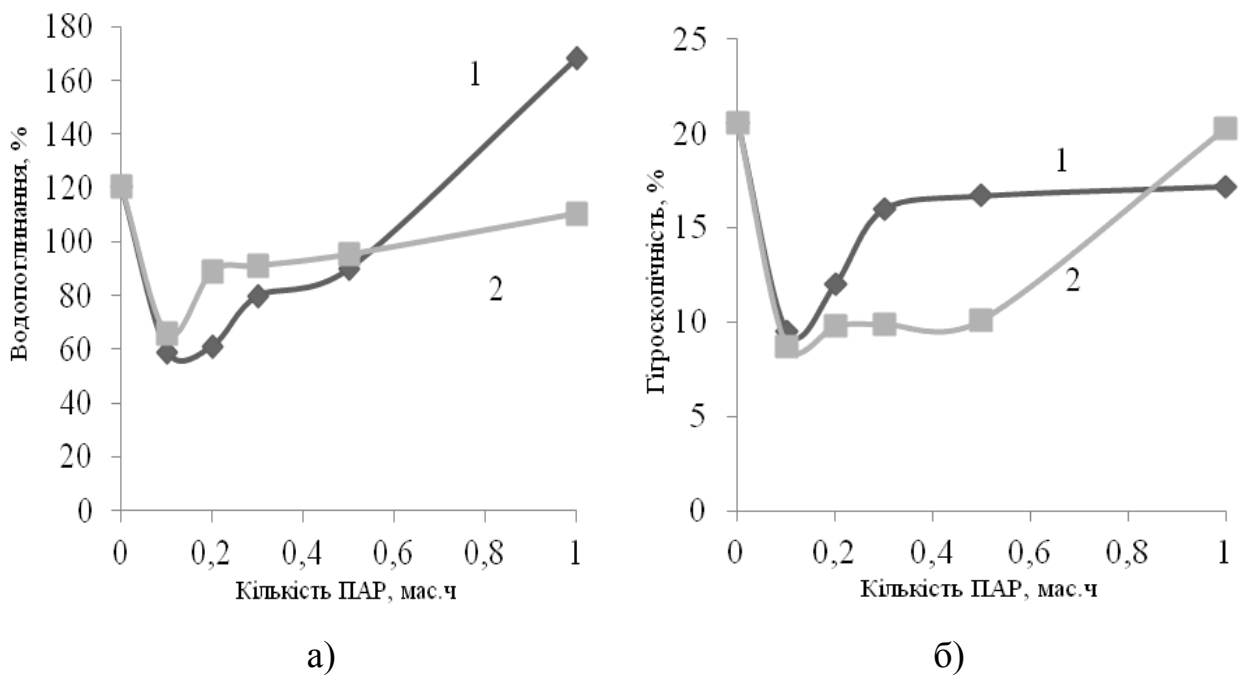
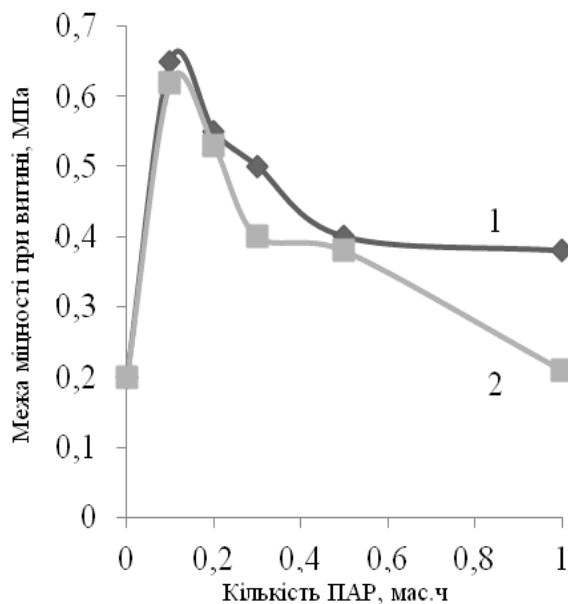


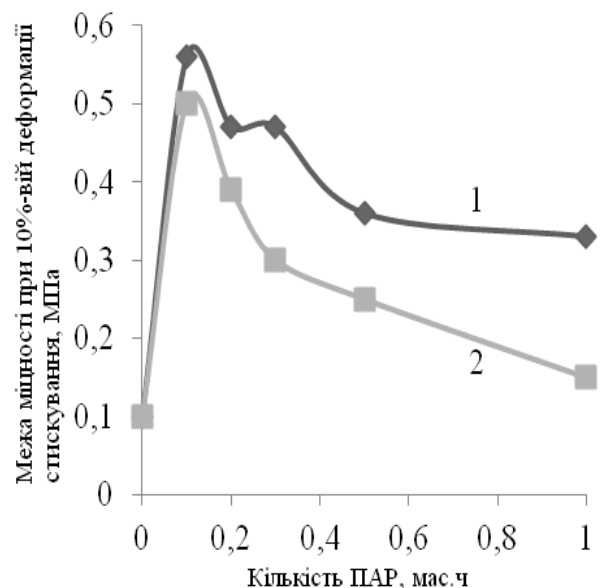
Рис. 4.8 Вплив ПАР на: а) водопоглинання і б) гігроскопічність блочного теплоізоляційного матеріалу (1 - ОП - 10, 2 - ПВАД)

З рис. 4.8 видно, що введення ПАР дозволяє знизити показники водопоглинання і сорбційної вологості. Це можна пояснити тим, що введення ПАР дає ефект утворення механічного бар'єру у спіненому матеріалі, який перешкоджає руйнуванню межпорових стінок і об'єднанню пір між собою. Далі зі збільшенням кількості ПАР до 1 мас. ч. показники водопоглинання і гігроскопічності ростуть до 128,6% і 17,2% відповідно з використанням ОП - 10; до 100,5% і 20,3% відповідно - з ПВАД, так як збільшується частка відкритих пір (49,14% з ОП - 10 і 43,98% з ПВАД) і, отже, можливість насичення зразків вологою також збільшується. Оптимальним ПАР є ОП - 10 в кількості 0,3 мас. ч. Дана кількість ПАР сприяє стабілізації піни, внаслідок чого вона не осідає, а водопоглинання і гігроскопічність складають відповідно 73% і 16%.

Вплив ПАР на межу міцності при вигині і стиску наведено на рис. 4.9.



а)



б)

Рис. 4.9 Вплив ПАР на межу міцності а) при вигині і б) при стисненні блочного теплоізоляційного матеріалу (1 - ОП - 10; 2 - ПВАД)

Згідно рис. 4.9 ми бачимо, що при невеликій кількості ПАР (0,1 мас. ч.) міцність висока, а саме: в разі використання ОП - 10 межа міцності при стисненні і при вигині становить відповідно 0,56 МПа і 0,65 МПа, а з використанням ПВАД - відповідно 0,5 МПа і 0,62 МПа, завдяки створенню дрібнопористої структури, але при його надлишку, як уже вказувалося, міцність падає (до 0,33 МПа і до 0,38 МПа відповідно з використанням ОП - 10; до 0,15 МПа і до 0,21 МПа відповідно - з ПВАД) через пластифікацію полімеру.

Порівнюючи обидва типи ПАР можна зробити висновок, що оптимальним ПАР для отримання карбамідоформальдегідна пінопласту є ОП - 10 в кількості 0,3 мас. ч. Такі зразки мають низьку щільність, яка становить 250 кг / м^3 , межа міцності при вигині і при стисканні досить високі і становлять відповідно 0,5 МПа і 0,47 МПа, а водопоглинання - 73%.

4.4 Оцінка фізико - механічних показників блочного теплоізоляційного матеріалу в залежності від кількості затверджувача

У даній роботі для затвердіння КФС використовували каталітичну систему на основі ортофосфорної кислоти і етиленгліколю (ЕГ) в мольному співвідношенні 1: 1 і ортофосфору кислоту.

Для дослідження впливу каталітичної системи затвердіння на властивості спіненого блочного теплоізоляційного матеріалу були підібрані рецептури, які представлені в таблиці 4.11.

Таблиця 4.11

Рецептури для отримання зв'язуючого

Вид каталітичної системи отвердження	Кількість добавок (на 100 мас. ч. КФС)				Співвідношення гранульованого наповнювача до зв'язуючого
	каталітична система отвердження	ОП - 10	гідрокарбонат натрія	алебастр	
1	2	3	4	5	7
1. H_3PO_4 + ЭГ	5 - 40	0,3	3	3	1:2,5
2. H_3PO_4	5 - 40	0,3	3	3	1:2,5

Основні показники спіненого блочного теплоізоляційного матеріалу із застосуванням різних затверджувачів представлені в таблицях 4.12 і 4.13.

Таблиця 4.12

Основні показники блочного теплоізоляційного матеріалу в залежності від кількості каталітичної системи затвердіння на основі ортофосфорної кислоти і етиленгліколю

Найменування показника	Значення показника				
	1	2	3	4	5
Кількість H_3PO_4 + ЭГ, мас. ч.	5	10	20	30	40
Коефіцієнт спінювання	2,0	2,7	2,9	3,4	3,1
Уявна щільність, кг/м^3	402	372	359	250	366
Дійсна щільність, кг/м^3	604	530	517	396	600
Вологість, %	4,2	4,5	5,1	5,6	5,2
Водопоглинання, %	49,9	50,2	54,8	73	56,3
Гігроскопічність, %	6,7	14,4	15,2	16	15
Межа міцності при 10% -вій деформації стискування, МПа	0,8	0,6	0,49	0,47	0,5
Межа міцності при вигині, МПа	1,06	0,8	0,55	0,50	0,6
Лінійна температурна усадка, %	2,64	2,98	3,02	3,03	3,01

Таблиця 4.13

Основні показники блочного теплоізоляційного матеріалу в залежності від кількості каталітичної системи затвердіння на основі ортофосфорної кислоти

Наименование показателя	Значение показателя				
	1	2	3	4	5
Кількість H_3PO_4 , мас. ч.	5	10	20	30	40
Коефіцієнт спінювання	1,2	1,7	1,9	1,8	1,7
Уявна щільність, кг/м^3	476	427	398	403	465
Дійсна щільність, кг/м^3	725	544	502	525	539
Вологість, %	4,4	4,5	4,8	4,7	4,6
Водопоглинання, %	80	93,5	117,5	73	95
Гігроскопічність, %	14,2	15,7	16,7	16,3	16
Межа міцності при 10% -вій деформації стискування,	0,8	0,5	0,39	0,41	0,45
Межа міцності при вигині, МПа	0,9	0,65	0,5	0,45	0,5
Лінійна температурна усадка, %	2,0	2,5	3,2	3,1	2,8

Нижче наведені графіки, які дозволяють більш детально дослідити вплив різної кількості затверджувача на властивості блочного теплоізоляційного матеріалу.

Вплив затверджувача на уявну і дійсну щільність блочного теплоізоляційного матеріалу відображено на рис. 4.10.

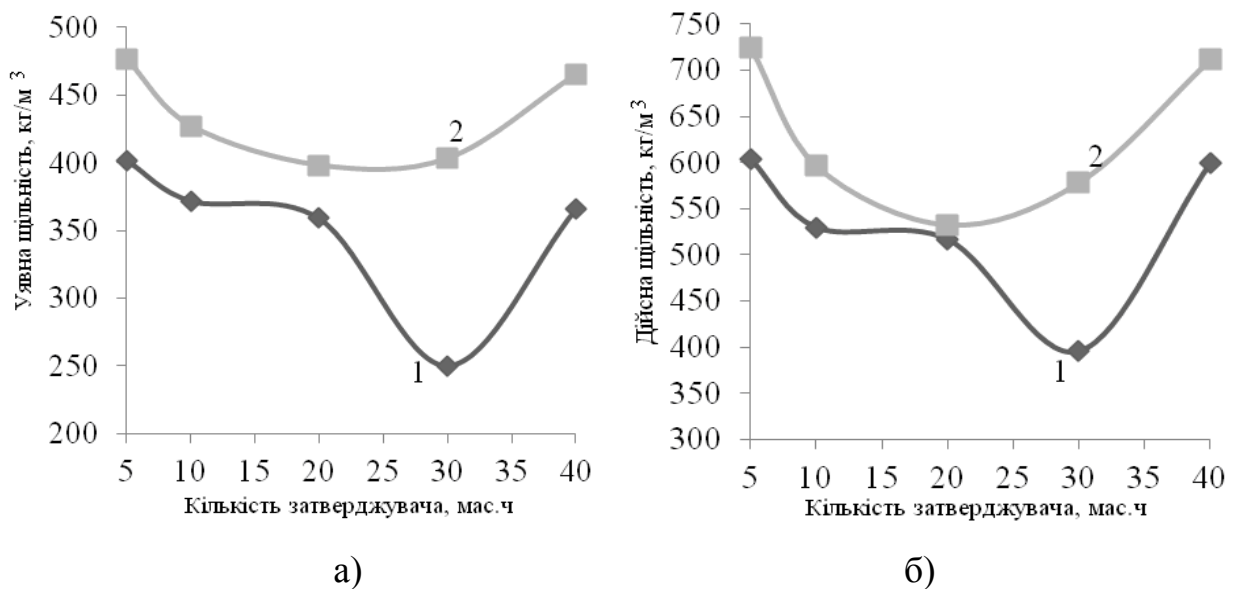
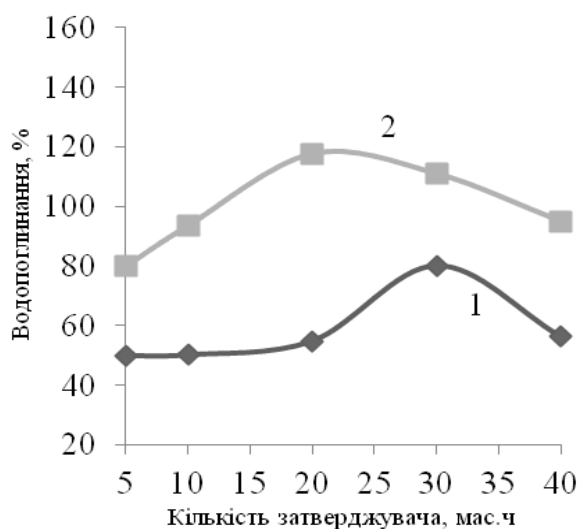


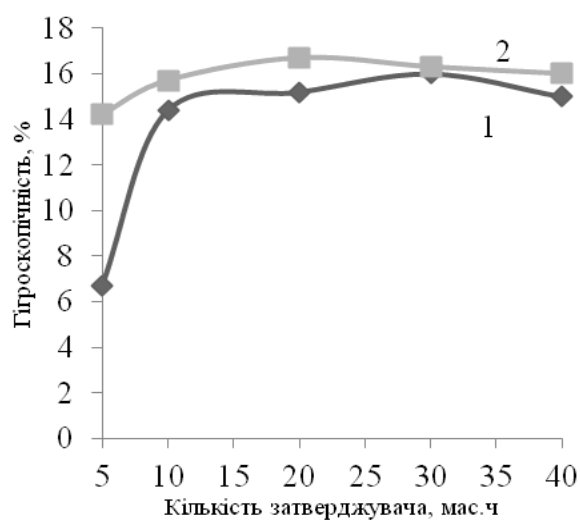
Рис. 4.10 Вплив затверджувача на щільність блочного теплоізоляційного матеріалу: а) уявну і б) дійсну (1 - H_3PO_4 + ЕГ, 2 - H_3PO_4)

Згідно рис. 4.10 видно, що при кількості затверджувача 5 мас. ч. щільність найвища, а саме $402 \text{ кг} / \text{м}^3$ з використанням ортофосфорної кислоти з етиленгліколем і $476 \text{ кг} / \text{м}^3$ - з ортофосфорною кислотою, так як через нестачу затверджувача не вдається стабілізувати піну і вона, піднявшись, осідає. Найменша уявна щільність спостерігається при використанні ортофосфорної кислоти з етиленгліколем в кількості 30 мас. ч. і становить $250 \text{ кг} / \text{м}^3$, а при використанні ортофосфорної кислоти - в кількості 20 мас. ч. - становить $398 \text{ кг} / \text{м}^3$. Подальше збільшення каталітичної системи призводить до передчасного гелеутворення смоли, в результаті чого піна не встигає повністю піднятися, що призводить до підвищення щільності матеріалу і його розтріскування. При використанні ортофосфорної кислоти в будь-якій кількості час життєздатності піни дуже короткий, що не дає можливості не тільки перемістити піну в форму, а й ретельно її перемішати.

Вплив затверджувача на водопоглинання і гігроскопічність блочного теплоізоляційного матеріалу відображено на рис. 4.11.



а)



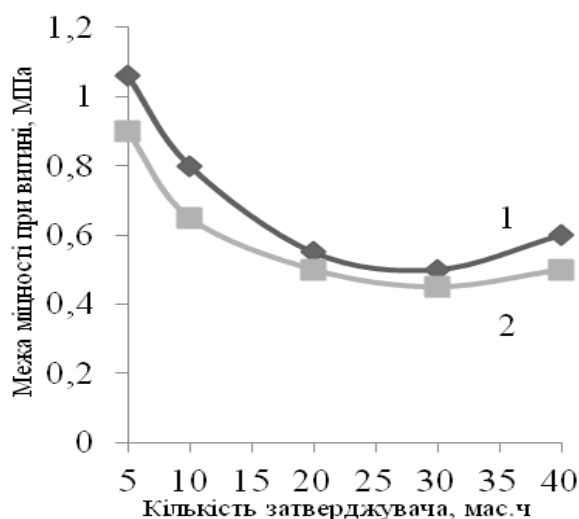
б)

Рис. 4.11 Вплив затверджувача на: а) водопоглинання і б) гігроскопічність блочного теплоізоляційного матеріалу (1 - H₃PO₄ + EG, 2 - H₃PO₄)

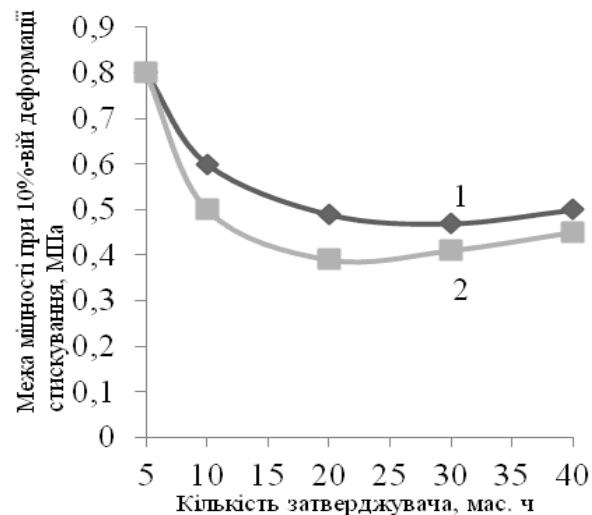
Як видно з рис. 4.11, найменші показники водопоглинання і гігроскопічності досягаються при введенні затверджувача в кількості 5 мас. ч. і становлять відповідно 49,9% і 6,7% при використанні ортофосфornoї кислоти з етиленгліколем і 80% і 14,2% - з ортофосфornoю кислотою. Такі низькі показники досягаються за рахунок високої щільності через осідання піни. Зі збільшенням кількості ортофосфornoї кислоти до 20 мас. ч. і ортофосфornoї кислоти з етиленгліколем до 30 мас. ч. показники водопоглинання і гігроскопічності ростуть і становлять: з ортофосфornoю кислотою - відповідно 117,5% та 16,7%, а з ортофосфornoю кислотою і етиленгліколем - відповідно 73% і 16,3%. Така кількість затверджувача є оптимальною, так як можна порівняти швидкості газоутворення і затвердіння композиції. При введенні ортофосфornoї кислоти більше 20 мас. ч і ортофосфornoї кислоти з етиленгліколем більше 30 мас. ч. показники водопоглинання і гігроскопічності зменшуються, так як відбувається швидке затвердіння, внаслідок чого піна не піднімається і пори не встигають рости.

Вплив затверджувача на межу міцності при вигині наведено на рис. 4.12.

Ізм	Лист	№ документа	Підп.	Дата



а)



б)

Рис. 4.12 Вплив затверджувача на межу міцності а) при вигині і б) при стисненні блочного теплоізоляційного матеріалу (1 - H_3PO_4 + ЕГ, 2 - H_3PO_4)

Згідно рис. 4.12 видно, що введення в систему етиленгліколю не тільки збільшує час життєздатності піни, усуває сипкість, але і збільшує міцність зразків. Найбільші показники міцності спостерігаються при введенні 5 мас. ч. затверджувача і складають: 1,06 МПа з використанням ортофосфornoї кислоти з етиленгліколем і 0,9 МПа - з ортофосфornoю кислотою. Але такі високі показники досягаються тільки через малу пористість зразків, тому що нестач затверджувача призводить до того, що піна, піднявшись, осідає.

Порівнюючи обидва типи затверджувача можна зробити висновок, що оптимальним затверджувачем для отримання карбамідоформальдегідного піноматеріала є каталітична система на основі ортофосфornoї кислоти і етиленгліколю в кількості 30 мас. ч. Такі зразки міцні (межа міцності при стисненні і при вигині складають відповідно 0,47 МПа і 0,50 МПа), не обсипаються, мають низьку щільність і характеризуються збільшеною життєздатністю піни, що дозволяє не тільки ретельно перемішати композицію, але і перемістити її в форму, а одна ортофосфornoна кислота діє дуже енергійно, що ускладнює отримання зразків в плитний формі.

4.5 Оцінка фізико - механічних показників блочного теплоізоляційного матеріалу в залежності від співвідношення гранульованого наповнювача до зв'язуючого

На підставі проведених експериментів були підібрані рецептури для отримання спіненого блочного теплоізоляційного матеріалу, які представлені в таблиці 4.14.

Таблиця 4.14

Рецептури для отримання блоків з різним співвідношенням гранульованого наповнювача до зв'язуючого

Вид газотворючого агента, мас. ч	Кількість газотворючого агента, мас. ч	Співвідношення гранульованого наповнювача до зв'язуючого
1	2	3
Карбонат кальція	3	1 : 1,5 ÷ 1 : 3,5
Гідрокарбонат натрія	3	1:1,5 ÷ 1 : 3,5

Проводячи ряд експериментів, було визначено, що піноматеріали з використанням в якості газотворючого агента перекису водню неміцні, розтріскуються і розсипаються, саме тому для подальших досліджень такі зразки не використовувалися. При відношенні гранульованого наповнювача до зв'язуючого менше 1: 1,5 зв'язуючого було мало, гранули не скріплялися між собою і, відповідно, не формували блок. А при співвідношенні гранульованого наповнювача до зв'язуючого більше 1: 3,5 блоки ставали крихкими і розсипалися.

Основні фізико - механічні показники спіненого блочного теплоізоляційного матеріалу з різним співвідношенням гранульованого наповнювача до зв'язуючого представлені в таблицях 4.15 і 4.16.

Таблиця 4.15

Основні фізико - механічні показники блочного теплоізоляційного матеріалу із застосуванням карбонату кальцію (3 мас. ч.)

Наименование показателя	Значение показателя						
	1	2	3	4	5	6	7
Співвідношення гранульованого наповнювача до зв'язуючого	Без добавлення гранул	1:1,5	1:2	1:2,5	1:3	1:3,5	
Коефіцієнт спінювання	5,7	3,4	3	3,2	3,4	3,5	
Уявна щільність, кг/м ³	216	301	281	264	257	237	
Дійсна щільність, кг/м ³	382	436	423	414	411	387	
Вологість, %	5,65	5,5	5,7	5,8	6,8	6,9	
Водопоглинання, %	340	58	66	80	84	92	
Гігроскопічність, %	20	16,9	17	17	20	23	
Межа міцності при 10% - вій деформації стискування, МПа	0,30	0,58	0,54	0,44	0,32	0,22	
Межа міцності при вигині, МПа	0,32	0,62	0,58	0,47	0,37	0,33	

Таблиця 4.16

Основні фізико - механічні показники блочного теплоізоляційного матеріалу із застосуванням гідрокарбоната натрія (3 мас. ч.)

Наименование показателя	Значение показателя						
	1	2	3	4	5	6	7
Співвідношення гранульованого наповнювача до зв'язуючого	Без добавлення гранул	1:1,5	1:2	1:2,5	1:3	1:3,5	
Коефіцієнт спінювання	4,2	2,8	2,9	3,4	3,5	4	
Уявна щільність, кг/м ³	239	279	272	250	242	228	

Продовження таблиці 4.16

Дійсна щільність, кг/м ³	394	402	400	396	391	351
Вологість, %	5,07	5,2	5,6	5,6	6,4	6,8
Водопоглинання, %	270,6	69	72	73	94	122
Гігроскопічність, %	22	15	15,2	16	19	20
Межа міцності при 10% - вій деформації стискування, МПа	0,35	0,63	0,56	0,47	0,34	0,25
Межа міцності при вигині, МПа	0,38	0,70	0,65	0,50	0,40	0,36

Нижче наведені графіки, які дозволяють більш детально дослідити вплив різного співвідношення гранульованого наповнювача до зв'язуючого на властивості блочного теплоізоляційного матеріалу.

Вплив співвідношення гранульованого наповнювача до зв'язуючого на уявну і дійсну щільності блочного теплоізоляційного матеріалу відображено на рис. 4.13.

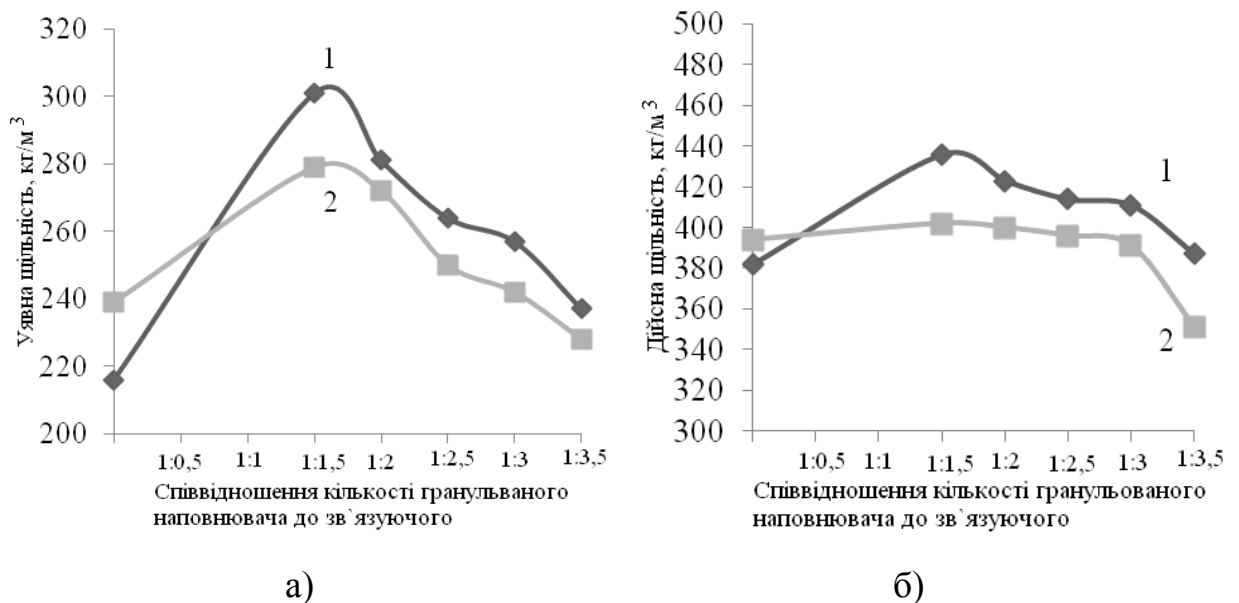


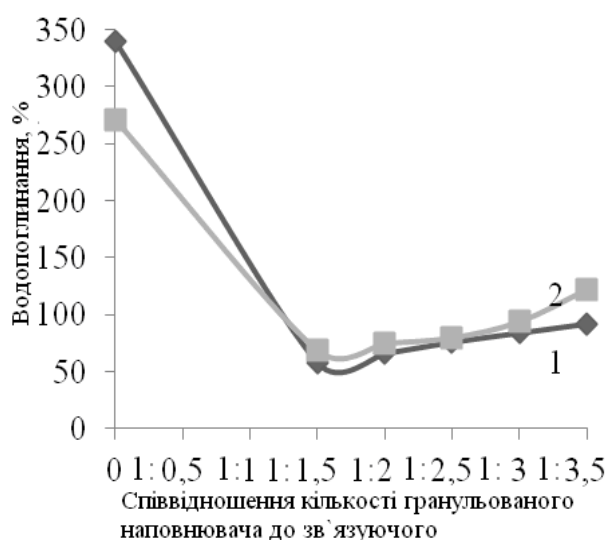
Рис. 4.13 Вплив співвідношення гранульованого наповнювача до зв'язуючого на щільність блочного теплоізоляційного матеріалу: а) уявну і б) дійсну (1 - карбонат кальцію, 2 - гідрокарбонат натрію)

Згідно рис. 4.13 можна зробити висновок про те, що найменша уявна і дійсна щільності спостерігаються при використанні в якості газоутворюючого агента бікарбонату натрію при співвідношенні гранульованого наповнювача до зв'язуючого 1: 3,5 і складають відповідно 228 кг / м³ і 351 кг / м³. Але така низька щільність свідчить про велику кількість пустот, що призведе до крихкості матеріалу.

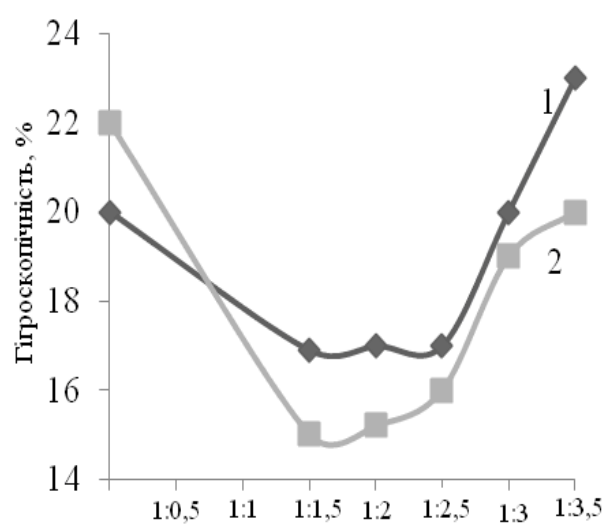
При використанні в якості газоутворюючого агента карбонату кальцію найменша уявна і дійсна щільності спостерігаються також при співвідношенні гранульованого наповнювача до зв'язуючого 1: 3,5 і складають відповідно 237 кг / м³ і 387 кг / м³. При співвідношенні 1: 1,5 кількості зв'язуючого недостатньо для спінювання суміші.

Зразки, отримані при співвідношенні 1: 2,5, мають найбільш красивий зовнішній вигляд і їх уявна і дійсна щільності складають відповідно 264 кг / м³ і 414 кг / м³ з використанням в якості азоутворюючого агента карбонату кальцію і 250 кг / м³ і 396 кг / м³ - з гідрокарбонатом натрію.

Вплив співвідношення гранульованого наповнювача до зв'язуючого на водопоглинання і гігроскопічність блочного теплоізоляційного матеріалу відображено на рис. 4.14.



а)



б)

Рис. 4.14 Вплив співвідношення гранульованого наповнювача до зв'язуючого на а) водопоглинання і б) гігроскопічність блочного теплоізоляційного матеріалу (1 - карбонат кальцію, 2 - гідрокарбонат натрію)

Як видно з рис. 4.14 при наповненні карбамідних пінопластів гранульованим наповнювачем спостерігається зниження показників водопоглинання як для карбонату кальцію, так і для бікарбонату натрію, тому що гранули характеризуються низькими показниками гігроскопічності і водопоглинання, вони є більш водостійкими. Однак зі збільшенням кількості зв'язуючого в складі композиції збільшуються показники водопоглинання і гігроскопічності, так як зменшується кількість гранул, які мають закритопористу структуру, і збільшується частка спіненого зв'язуючого, яке має переважно відкритопористу структуру, що обумовлюється присутністю в структурі так званих капілярів Плато-Гіббса, що мають трикутний перетин і утворених при зростанні, зіткненні і подальшої деформації бульбашок повітряно-механічної піни, що відповідно впливає на збільшення насичення зразків водою і вологою.

З найменшим відношенням кількості гранульованого наповнювача до зв'язуючого (1: 1,5) уявна і дійсна щільності блоків найвищі і складають відповідно: 301 кг / м³ і 436 кг / м³ для карбонату кальцію і 279 кг / м³ і 402 кг / м³ для гідрокарбонату натрію, а водопоглинання і гігроскопічність - найнижчі: 132%; 16,9% відповідно для карбонату кальцію і 112%; 15% відповідно для бікарбонату натрію. Однак таке співвідношення не дає змоги повністю покрити гранули зв'язуючим, тому оптимальним буде співвідношення 1: 2,5, при якому уявна і дійсна щільності блоків складають відповідно: 264 кг / м³ і 414 кг / м³ для карбонату кальцію і 250 кг / м³ і 396 кг / м³ для бікарбонату натрію, а водопоглинання і гігроскопічність складають: 80% і 17% відповідно для карбонату кальцію та 73% і 16% відповідно для бікарбонату натрію, а пористість становить: для карбонату кальцію - 36%, для бікарбонату натрію - 33%.

Вплив співвідношення гранульованого наповнювача до зв'язуючого на межу міцності при 10% - вий деформації стиснення і при вигині блочного теплоізоляційного матеріалу відображено на рис. 4.15.

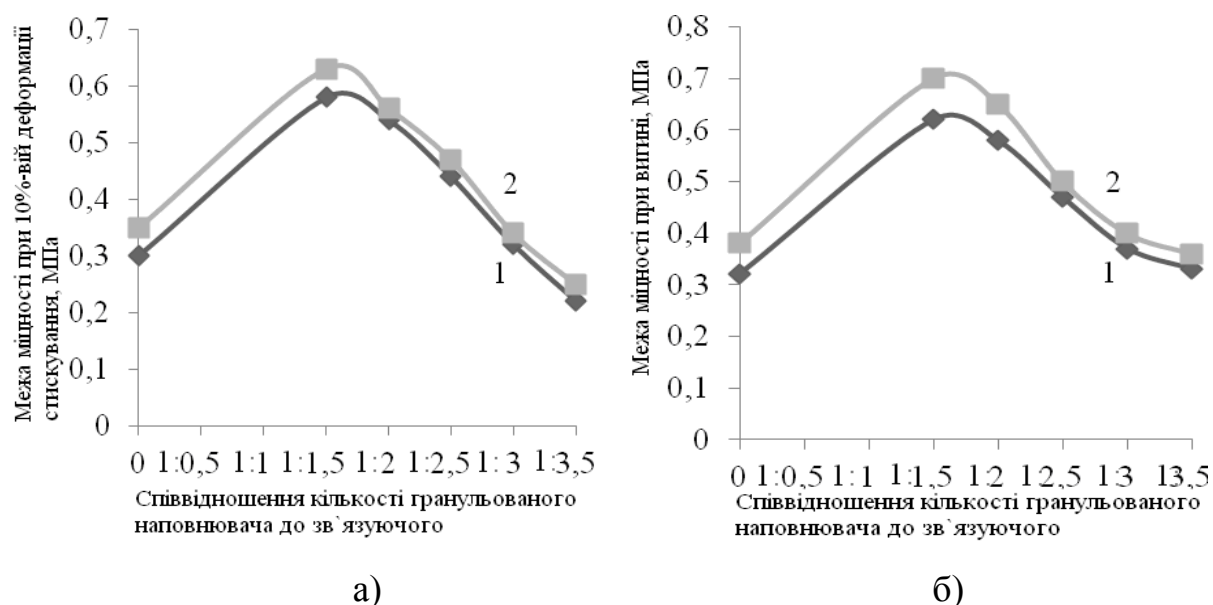


Рис. 4.15 Вплив співвідношення гранульованого наповнювача до зв'язуючого на межу міцності блочного теплоізоляційного матеріалу: а) при 10% - вий деформації стиснення і б) при вигині (1 - карбонат кальцію; 2 - гідрокарбонат натрію)

Згідно рис. 4.15 видно, що введення гранульованого наповнювача дозволяє підвищити показники міцності теплоізоляційного матеріалу. Міцність пінопласту зменшується в міру збільшення кількості зв'язуючого в складі композиції. Ймовірно, це пов'язано з тим, що при зменшенні кількості зв'язуючого в пінопласті усувається причина нерівномірного розподілу гранульованого наповнювача в елементах пористої структури (тяжах, ребрах і вузлах) піноматеріала. Найбільшою межею міцності при 10% - вий деформації стиснення і вигину, яка становить 0,63 МПа і 0,70 МПа відповідно, характеризується матеріал, для виготовлення якого використовувався гідрокарбонат натрію з відношенням зв'язуючого до гранульованого наповнювача 1: 1,5. При збільшенні кількості зв'язуючого в складі композиції збільшується розмір пір, це призводить до зниження міцності матеріалу (для відношення 1: 3,5 з використанням бікарбонату

натрію межа міцності на вигин матеріалу становить 0,36 МПа, а в разі карбонату кальцію - 0,33 МПа).

Оптимальним співвідношенням гранульованого наповнювача до зв'язуючого для отримання карбамідоформальдегідного піноматеріалу є 1: 2,5. Такі зразки міцні (межа міцності при стисненні і при вигині складають відповідно 0,47 МПа і 0,50 МПа) і мають низьку щільність (250 кг / м³).

Підбір компонентів карбамідоформальдегідної композиції показав, що оптимальною рецептурою для виготовлення блочного теплоізоляційного матеріалу є рецептура, наведена в таблиці 4.17.

Таблиця 4.17

Оптимальна рецептура отримання карбамідоформальдегідного теплоізоляційного матеріалу

Кількість компонента, мас. ч.					співвідношення гранульованого наповнювача до зв'язуючого
КФС	газоутворювач - гідрокарбонат натрія	каталітична система отвердження - Н ₃ РO ₄ + ЭГ	наповнювач - алебастр	ПАР - ОП - 10	
1	2	3	4	5	6
100	3	30	3	0,3	1:2,5

Таким чином, проведені дослідження свідчать про ефективність введення гранульованого наповнювача в карбамідоформальдегідне зв'язуюче для поліпшення фізико - механічних характеристик піноматеріала при збереженні їх високих теплозахисних властивостей, що можна простежити в таблиці 4.18. У ній наведено порівняльну характеристику властивостей карбамідоформальдегідного теплоізоляційного матеріалу без додавання гранул і наповненого гранулами.

Таблиця 4.18

Порівняльна характеристика блокових теплоізоляційних матеріалів

Найменування показника	Значення показника			
	З карбонатом кальція		З гідрокарбонатом натрія	
	матеріал без додавання гранул	матеріал наповнений гранулами (відношення 1:2,5)	матеріал без додавання гранул	матеріал наповнений гранулами (відношення 1:2,5)
1	2	3	4	5
Уявна щільність, кг/м ³	216	264	239	250
Водопоглинання, %	156	80	148	73
Гігроскопічність, %	20	17	22	16
Межа міцності при 10% -вій деформації стискування, МПа	0,30	0,44	0,35	0,47
Межа міцності при вигині, МПа	0,32	0,47	0,38	0,50
Лінійна температурна усадка, %	10,8	4,07	10,5	3,03
Втрата маси при горінні, %	4,0	3,7	3,9	3,6
Теплопровідність, Вт/м·°С	0,05	0,118	0,06	0,125

Слід зазначити, що блоковий теплоізоляційний матеріал, отриманий з гранульованим наповнювачем при рівній щільності характеризується більш рівномірною структурою і більш високими показниками міцності (міцність при стисненні більше на 0,14 і 0,12 МПа при використанні карбонату кальцію і бікарбонату натрію відповідно), ніж теплоізоляційний матеріал без гранул, а так само спостерігається значне зниження водопоглинання (на 76 і 75% відповідно), гігроскопічність (на 3% з використанням карбонату кальцію і 6% - з гідрокарбонатом натрію) і усадки (на 6,1% з використанням карбонату кальцію і на 7,2% - з гідрокарбонатом натрію).

Блоковий теплоізоляційний матеріал на основі КФС і сплучених рідкоскляних гранул з використанням бікарбонату натрію в якості газоутворюючого агента являє собою пористий матеріал з однорідною дрібнопористою структурою, низькою щільністю і досить високими показниками міцності. Як вже зазначалося вище, недоліками карбамідного теплоізоляційного матеріалу є крихкість і усадочні деформації. Це пояснюється тим, що видалення в процесі сушіння води, що міститься в КФС, а також виділяється в результаті реакції поліконденсації, призводить до розвитку внутрішніх напружень, які призводять до утворення тріщин. Введення рідкоскляних гранул в зв'язуюче сприяє видаленню цих недоліків.

Для порівняння, існують такі карбамідні теплоізоляційні матеріали, як піноізол, оміфлекс, склопінокарбамід. В якості ще одного недоліку всіх карбамідних піноматеріалів нерідко згадується невелика механічна міцність. Причиною цього є практична відсутність на ринку карбаміду теплоізоляційного матеріалу великої щільності (більше 30 кг / м³) [141]. Тому в даній роботі піноматеріали виготовлялися шляхом хімічного спінювання, що дозволяє отримати теплоізоляційний матеріал підвищеної щільності (250 кг / м³). Межа міцності при 10% - вий деформації стиснення піноізола становить 0,1 - 0,25 МПа [142], оміфлекса - 0,19 МПа [143, 144], склопінокарбаміда - 0,04 - 0,08 МПа [69], а пропонованого теплоізоляційного матеріалу - 0,47 МПа.

Висновки до розділу 4:

1. В результаті оцінки фізико - механічних показників карбамідного теплоізоляційного матеріалу в залежності від кількості газоутворюючого агента було визначено, що найкращим газоутворюючим агентом є гідрокарбонат натрію в кількості 3 мас. ч. Такі зразки володіють низькою щільністю, яка становить 250 кг / м³, відсутністю тріщин, досить високими показниками міцності (межа міцності при стисненні і при вигині складають відповідно 0,47 МПа і 0,50 МПа) і мають однорідну структуру.

2. Було вивчено вплив наповнювачів на фізико - механічні показники блочного теплоізоляційного матеріалу і доведено, що при їх введенні підвищуються механічні та експлуатаційні характеристики теплоізоляційного матеріалу, знижується їх усадка, оптимальним наповнювачем для отримання карбамідоформальдегідного пінопласту є алебастр в кількості 3 мас. ч. Такі зразки мають однорідну структуру в поєднанні з низькою щільністю, яка становить $250 \text{ кг} / \text{м}^3$, показники водопоглинання і гігроскопічності становлять 80% і 17% відповідно, а межа міцності при вигині і стиску складають 0,5 МПа і 0,47 МПа відповідно.

3. Було вивчено вплив ПАР на фізико - механічні показники карбамідного теплоізоляційного матеріалу і визначено, що для стабілізації процесу спінювання КФС оптимальним ПАР є ОП - 10 в кількості 0,3 мас. ч. Щільність такого матеріалу складає $250 \text{ кг} / \text{м}^3$, міцність при стисненні і при вигині - відповідно 0,47 МПа і 0,50 МПа.

4. Було досліджено вплив затверджувача на фізико - механічні властивості блочного теплоізоляційного матеріалу і визначено, що для затвердіння карбамідоформальдегідної композиції оптимальною є каталітична система на основі ортофосфорної кислоти і етиленгліколю в кількості 30 мас. ч. Зразки з її використанням досить міцні (межа міцності при стисненні і при вигині становить відповідно 0,47 МПа і 0,5 МПа), не обсипаються, і характеризуються збільшеною життєздатністю піни, що дозволяє ретельно перемішати композицію і перемістити її в форму.

5. В результаті дослідження залежності відношення кількості гранульованого матеріалу до зв'язуючого на властивості і структуру карбамідного теплоізоляційного матеріалу було встановлено, що оптимальним відношенням є 1: 2,5. При такому відношенні матеріали мають впорядковану структуру з невеликим розміром пір, міцність при стисненні і при вигині збільшується на 0,12 МПа, знижується усадка на 7,2% і водопоглинання в 2 рази в порівнянні із зразками без гранул.

					ПД.12.01.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ документа	Підп.	Дата		84

5 Охорона праці

Охорону праці прийнято розглядати, як систему найважливіших технічних, соціально – економічних, санітарно – гігієнічних заходів, спрямованих на забезпечення збереження життя та здоров'я людини в умовах праці.

Головними об'єктами, які вивчають і досліджують охорону праці є людина в процесі виконання своїх службових обов'язків, виробнича сфера й обстановка, взаємозв'язок людини із промисловим устаткуванням, технологічними процесами, організації роботи виробництва. Методологічною основою охорони праці є науковий аналіз умов праці, технологічного процесу, апаратного оформлення, застосовуваних і одержуваних продуктів з огляду на можливе виникнення в процесі експлуатації виробництва небезпеки й шкідливості.

Вимоги з охорони праці викладені в правилах, інструкціях, а також в наказах, конкретизуються в галузевих загальних і міжгалузевих правилах з техніки безпеки і санітарних нормах. Профілактика профзахворювань забезпечується нормалізацією середовища за допомогою вентиляції, поліпшення освітлення, зниження рівня шуму, профілактика травматизму – методами техніки безпеки. Безпека праці повинна враховуватися при проектуванні й розміщенні споруджень на території підприємств, розрахунках на міцність і надійність, виробів експлуатаційних параметрів, технологічних процесів і матеріалів, механізації важких, трудомістких, небезпечних і шкідливих робіт, організації робочих місць. Комплекс заходів щодо охорони праці включає також підготовку й спорядження персоналу – професійний і методичний відбір, навчання, тренування, інструктування, забезпечення засобами індивідуального захисту, а також аварійно – рятувальні заходи.

					ПД.12.01.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ документа	Підп.	Дата		85

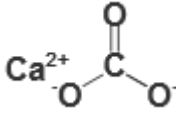
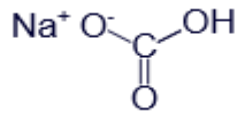

5.1 Основні фізико-хімічні властивості, токсичність, пожежо- і вибухонебезпечність застосовуваних і одержуваних речовин на досліджуваному виробництві (лабораторії)

Характеристики хімічних речовин, які переробляються й синтезуються в умовах даної лабораторії, представлені в таблицях 5.1. та 5.2.

Таблиця 5.1

Основні фізико-хімічні властивості речовин

№ п/п	Назва сполуки		Емпірична формула	Структурна формула	Агрегатний стан	Темпе-рагура плавління, °С	Темпе-рагура кипіння, °С
	Раціональна номенклатура	Систематична номенклатура					
1	2	3	4	5	6	7	8
1	КФС МТС-15	КФС МТС-15			рідке	88	94
2	Рідке скло	Рідке скло	$\text{Na}_2\text{O} \cdot n\text{SiO}_2 + m\text{H}_2\text{O}$		рідке	1 088	-
3	Перекис водню	Перекис водню	H_2O_2	H-O-O-H	рідке	-0,432	150,2
4	Перманганат калію	Перманганат калію	KMnO_4		тверде	>240	-
5	ОП-10	ОП-10		$\text{RC}_6\text{H}_4\text{O}$ $(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O})_n\text{H}$	рідке	-	-
6	Ортофосфорна кислота	Ортофосфорна кислота	H_3PO_4		рідке	42,35	158

7	Етиленгліколь	Етиленгліколь	$C_2H_6O_2$	OH-CH ₂ -CH ₂ -OH	рідке	-12,9	197,3
8	Карбонат кальцію	Карбонат кальцію	$CaCO_3$		тверде	862	-
9	Бікарбонат натрію	Бікарбонат натрію	$NaHCO_3$		тверде	50	851
10	Оксид цинку	Оксид цинку	ZnO		тверде	1975	2360
11	Алебастр	Алебастр	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$		тверде	1450	-

Таблиця 5.2

Характеристика токсичності

№ п/п	Сполука	Клас безпеки	Характер дії на організм людини	ГПК в повітрі робочої зони мг/м ³	Засоби індивідуального захисту
1	2	3	4	5	6
1	КФС МТС-15	3	<p>Характеризується наявністю вільного формальдегіду, 37% водний розчин формальдегіду здатний викликати подразнення шкірних покривів, яке порівняно швидко проходить.</p> <p>Сам формальдегід є сильною отрутою, він дратує слизові оболонки, руйнівню діє на дихальні шляхи. При попаданні в кров (через дихальну систему або як продукт окислення метанолу) він вражає нервову і репродуктивну системи, очі.</p>	6	Захисні окуляри, гумові рукавички, захисний одяг, респіратор РПГ-67 з патроном марки «А»
2	H ₂ O ₂	2	Розчини можуть викликати опіки шкіри та очей, пари - подразнення слизових оболонок верхніх дихальних шляхів і очей	10	Ізолюючий захисний костюм КІХ-5 у комплекті з ізолюючим протигазом ПП-4М або дихальним апаратом АСВ-2

Лист

ПД.12.01.ПЗ

87

Продовження таблиці 5.2

3	Рідке скло	3	Помірно небезпечна по впливу на організм продукція, володіє лужними властивостями, надає подразнюючу дію на слизові оболонки верхніх дихальних шляхів, очей, шкіряні покриви різної інтенсивності, аж до опіків. Володіє сенсibiliзуючою дією.	-/4	Засоби захисту органів дихання, шкіри, очей (респіратори, окуляри, захисний одяг, рукавички, взуття). Респіратори типу «Пелюстка», газопилозахисні типу РУ-60м
4	KMnO ₄	2	При попаданні перманганату калію всередину: темно-коричневе забарвлення і набряк слизової оболонки рота і глотки, сильне печіння в роті, різкий біль за грудиною (стравохід) і в животі. Точечні опіки від кристалів перманганату калію спостерігаються на шкірі обличчя, шиї, грудині	-	-
5	H ₃ PO ₄	2	При високих концентраціях викликає опіки, пари - атрофічні процеси в слизовій носі, носові кровотечі, кришення зубів, зміна флори крові та ін. При вживанні в їжу викликає розлад травного тракту, блювоту.	1	Рукавички, захисні окуляри, захисна маска, захисний одяг, нековзаючі черевики.
6	C ₂ H ₆ O ₂	3	Дуже токсичний, при пероральному потраплянні в організм; вражає ЦНС і нирки, викликає гемоліз еритроцитів; має мутагенну дію	5	Рукавички, захисні окуляри, захисна маска, захисний одяг, нековзаючі черевики.
7	CaCO ₃	4	Ніяких побічних ефектів не відомо. Карбонат кальцію відіграє важливу роль в організмі людини, але, як і всі харчові добавки, вимагає обмеження в надмірному вживанні. Вдихання його пилу викликає подразнення слизових оболонок органів дихання.	6	-
8	NaHCO ₃	3	Небезпечна при попаданні на шкіру та в очі. При попаданні на слизові оболонки викликає роздратування. При постійній роботі в атмосфері, забрудненій пилом двовуглекислого натрію, може виникнути подразнення дихальних шляхів. При пожежі можливі опіки.	5	Захисний загальновійськовий костюм Л-1 або Л-2 у комплекті з промисловим протигазом з патронами А, В, рукавички, спеціальне взуття. При спалаху - вогнезахисний костюм у комплекті з саморятівником СПІ-20. Спецодяг, запобіжні пристосування.
9	ZnO	2	Оксид цинку і його металевий пил викликають патологічні зміни в легенях. При попаданні на шкіру з'єднань цього металу виникають екзема і дерматит.	0,5	Респіратори типу "Пелюстка" або УК-8, захисні окуляри, гумові рукавички, а також дотримуватися правил особистої гігієни.

Ізм	Лист	№ документа	Підп.	Дата
-----	------	-------------	-------	------

5.2 Небезпечні й шкідливі фактори в лабораторії

Хімічна лабораторія представляє собою робоче приміщення, оснащене газовими й водними комунікаціями, електронагрівальними приладами, електроприладами та витяжними шафами. У лабораторіях використовується великий перелік хімічних реактивів: кислоти, луги, солі, легкозаймісті рідини. Всі лабораторні установки в основному зібрані зі скляного посуду.

У лабораторіях кафедри є наступні небезпечні й шкідливі робочі фактори:

- міцні кислоти й луги;
- легкозаймісті, займісті й вибухонебезпечні речовини;
- отруйні й шкідливі токсичні речовини;
- скляний посуд;
- електричний струм.

5.3 Класифікація і категорія приміщень.

5.3.1 Санітарна характеристика лабораторії

Оптимальні й доступні норми температури, відносної вологості й швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень встановлюються на підставі категорії робіт.

Роботи, які проводились в досліджуваній лабораторії, відносять до категорії «середньої важкості».

Нормальні метеофактори в робочій зоні для даної категорії робіт представлені в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3

Нормальні метеофактори в робочій зоні

Категорія робіт по важкості	Період року	Температура		Відносна вологість		Швидкість руху повітря в приміщенні	
		оптимальна	припустима	оптимальна	припустима	оптимальна	припустима
Середньої важкості	Холодний	18-20	16-23	60-40	75 при 26°С	0,2	0,3
Середньої важкості	Теплий	20-23	19-25	60-40	75 при 26°С	0,2	0,2

					ПД.12.01.ПЗ			Лист
Ізм	Лист	№ документа	Підп.	Дата				89

Клас згідно санітарної характеристики – 5 (згідно ДСП 173-96).

Ширина санітарно-захисної зони – 50 м. п

5.3.2 За вибухо - і пожежобезпекою

Хімічна лабораторія по ступені поразки людей електричним струмом відноситься до приміщень із підвищеною небезпекою. Категорія В – Іб, клас П – Па.

5.4 Заходи щодо запобігання прояву шкідливих виробничих факторів

5.4.1 Вентиляція і опалення

Забезпечення нормальних метеорологічних умов і чистоти повітря на робочих місцях у значній мірі залежить від правильно організованої системи вентиляції.

Відповідно до ДСТУ у всіх приміщеннях повинна бути передбачена природна вентиляція. Зовнішнє повітря може надходити в приміщення через відкриті прорізи з не вітряної сторони будинку й виходити через отвори на протилежній завітряній стороні й отвір на даху.

Природна вентиляція значно дешевше механічної, тому що більше обсягу повітря подається в приміщення й видаляється з нього без застосування вентиляторів. Вентиляція відбувається через витяжні канали, шахти, квартирки й фрамуги будинків.

У лабораторному приміщенні природна вентиляція здійснюється через квартирки.

У лабораторії передбачається приточно - витяжна вентиляція з механічним спонуканням. Кратність повітрообміну в хімічній лабораторії повинна бути не менше 5 1/г.

Кількість повітря, яке необхідно подати в лабораторне приміщення, визначається за формулою 5.1:

$$W = K \cdot V; \text{ м}^3/\text{год} \quad (5.1)$$

де K – кратність повітрообміну, год⁻¹, дорівнює 5 год⁻¹:

V – об'єм лабораторного приміщення, м³ (формула 5.2);

$$V = a \cdot b \cdot h; \quad (5.2)$$

					ПД.12.01.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ документа	Підп.	Дата		90

де a, b, h – довжина, ширина й висота приміщення;

$$V = 15 \cdot 6 \cdot 3,5 = 315 \text{ м}^3$$

Розрахунок кількості повітря, яку необхідно подати :

$$W = 5 \cdot 315 = 1575 \text{ м}^3/\text{год}$$

Хімічна лабораторія додатково обладнана витяжними шафами. Кількість витяжних шаф у лабораторії – 1. Кількість повітря, яке видаляється від кожної витяжної шафи визначають за допомогою формули 5.3:

$$W_{\text{ш}} = F \cdot v \cdot 3600, \text{ м}^3/\text{год} \quad (5.3)$$

де F – площа робочого прорізу для витяжної шафи довжиною 1 м, дорівнює $0,4 \text{ м}^2$;

v – швидкість руху повітря, що подається в отвір шафи, м/с (багато речовин відносять до 3 класу із ГДК від 1 до $10 \text{ мг}/\text{м}^3$ – $0,3 - 0,5 \text{ м}/\text{с}$).

Розраховуємо обсяг повітря, що відсмоктується:

$$W_{\text{ш}} = 0,4 \cdot 0,3 \cdot 3600 = 432 \text{ м}^3/\text{год}$$

Продуктивність вентилятора для витяжної шафи визначається за формулою 5.4:

$$L = W_{\text{ш}} \cdot K, \text{ м}^3/\text{год} \quad (5.4)$$

де $W_{\text{ш}}$ – обсяг повітря, що відсмоктується, дорівнює – $432 \text{ м}^3/\text{год}$;

K – коефіцієнт підсосу повітря через нещільності, дорівнює – $1,15$;

Розраховуємо продуктивність вентилятора:

$$L = 1,15 \cdot 432 = 496,8 \text{ м}^3/\text{год}$$

Вибираємо типи вентиляторів для загально обмінної і місцевої вентиляції згідно до таблиці 13.

Загально обмінна вентиляція

Вентилятор типу В – Ц4 – 70 (1-е виконання):

продуктивність – $2800 \text{ м}^3/\text{год}$;

номер вентилятора – 4;

напір – 45 мм вод. ст.

Характеристика електродвигуна:

					ПД.12.01.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ документа	Підп.	Дата		91

тип – 4А71В4;
потужність – 0,75 кВт;
частота обертання – 1500 об/хв.

Місцева вентиляція

Вентилятор відцентрований вибухонебезпечний:

тип – В – Ц4 – 70;
продуктивність – 700 м³/год;
номер вентилятора – 2,50;
напір – 18 мм вод. ст.

Характеристика електродвигуна:

тип – 4АА56А4;
потужність – 0,12 кВт;
частота обертання – 1500 об/хв.

Визначаємо розрахункову витрату теплоти на опалення приміщення за формулою 5.5:

$$Q_o = q \cdot F (1 + K), \text{ Вт} \quad (5.5)$$

де q – укрупнений показник максимальної витрати теплоти на опалення 1 м² (для Північно-Донецького басейну при розрахунковій зовнішній температурі

в зимовий період t , що дорівнює -20 °С, $q = 152$ Вт/ м²);

F – площа приміщення, рівна 90 м²;

K – коефіцієнт, що враховує витрати теплоти на опалення, дорівнює $0,34$;

Розраховуємо витрату теплоти на опалення приміщення:

$$Q_o = 152 \cdot 90 (1 + 0,34) = 18331,2 \text{ Вт}$$

Площу поверхні нагрівання опалювальних приладів визначають за формулою 5.6:

$$H = Q_o / 506, \text{ екм} \quad (5.6)$$

де Q_o – витрата теплоти на опалення приміщення, дорівнює 18331,2 Вт;

екм – еквівалентний квадратний метр – площа поверхні нагрівання приладу, що віддає 506 Вт теплоти з різницею середньої температури теплоносія й температури повітря в приміщенні, що дорівнює 64,5 °С;

$$1 \text{ екм} = 0,82 \text{ м}^2.$$

$$N = 18331,2 / 506 = 36,23 \text{ екм};$$

$$36,23 \text{ екм} = 29,71 \text{ м}^2$$

Враховуючи отримані результати підбираються опалювальні прилади.

Теплопостачання лабораторії здійснюється від теплового пункту, що розміщується в технічному блоці будівлі. В якості нагрівальних приладів слід визначати радіатори.

Марка радіатора – М- 90

Площа поверхні нагрівання однієї секції – 0,200 м²;

Об'єм – 4,8 л.

Необхідна кількість секцій: $29,71 / 0,200 = 149$ секцій, загальний об'єм всіх секцій радіатора: $149 \cdot 4,8 = 715$ л.

Приймаємо 5 радіаторів по 30 секцій кожен.

5.4.2 Освітлення приміщень

В приміщенні виконуються роботи 3-го розряду (точні роботи, розміри об'єкта розпізнавання: 0,3 – 1,00 мм, норма КЕО при бічному висвітленні: 1,5%).

Природне освітлення

Природне освітлення здійснюється через світлові отвори в стінах будівлі (бічне світло) або у світлових ліхтарях (верхнє світло), розраховують виходячи з відношення площі світлових отворів до площі підлоги (світловий коефіцієнт).

Для будинків, лабораторій хімічних виробництв світловий коефіцієнт приймається в межах 1: 6 – 1: 5.

Площу світлових отворів S_o розраховуємо за формулою 5.9:

$$S_o = 1/5 \cdot S_n \tag{5.9}$$

де S_n – площа підлоги. $S_n = 90 \text{ м}^2$

					ПД.12.01.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ документа	Підп.	Дата		93

$$S_0 = 1/5 \cdot 90 = 18 \text{ м}^2$$

Згідно з розрахунками приймаємо кількість вікон – 4, з розмірами 2м х 2,2 м.

Штучне освітлення

Кількість джерел світла, необхідних для освітлення приміщення визначають за формулою 5.10:

$$n = E \cdot S \cdot K / F \cdot U \cdot Z$$

(5.10)

де E – мінімальна припустима освітленість робочих поверхонь, обумовлена нормами, дорівнює 400 лк.;

S – освітлювана площа, дорівнює 90 м^2 ;

F – світловий потік однієї лампи, дорівнює 1520 лк;

K – коефіцієнт запасу, прийнятий згідно з нормами, дорівнює 1,5;

Z – поправочний коефіцієнт, що залежить від освітлюваної установки, дорівнює 1, тип світильника – люнета;

U – коефіцієнт використання освітлюваної установки, що залежить від

конструкції світильників, для люмінесцентних ламп можна прийняти $U = 1$.

Обираємо світильник із двома люмінесцентними лампами типу ЛД потужністю по 40 Вт.

Кількість ламп, необхідних для освітлення приміщення:

$$n = (400 \cdot 90 \cdot 1,5) / (1520 \cdot 1 \cdot 1) = 35,52 = 36$$

Таким чином число світильників, необхідних для освітлення даного приміщення дорівнює 18.

Потужність електроосвітлювальної установки з урахуванням місцевого освітлення визначається за формулою 5.11:

$$N = (n \cdot W + 0,2n \cdot W) / 1000 \text{ кВт} \quad (5.11)$$

де W – потужність однієї лампи, дорівнює 40 Вт;

					ПД.12.01.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ документа	Підп.	Дата		94

n – розрахункове число ламп для висвітлення даного приміщення, дорівнює 36шт

$$N = (36 \cdot 40 + 0,2 \cdot 36 \cdot 40) / 1000 = 1,8 \text{ кВт}$$

Приймаємо 3 ряди по 6 світильників. Відстань між рядами – 1,5 м; відстань між світильниками – 2,1 м.

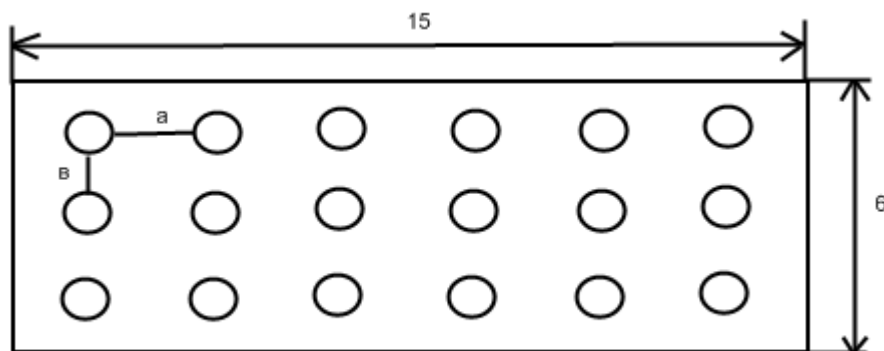


Рис 6.4.2.1 Схема розташування світильників

6.4.3 Електробезпека

У лабораторіях використовуються як основні джерела тепла наступні електронагрівальні прилади: електроплитки, сушильні шафи й термостати, електропечі, прилади для випарювання, перегонки й сушіння з електропідігріванням. Застосовуються різні електронагрівачі як малої потужності, наприклад для лабораторних мішалок, так і такої потужності, що дає можливість використовувати механічні вакуумні насоси (до 1 кВт), центрифуг (до 2 кВт), компресори. Використовуються також такі джерела електричного струму, як акумулятори, перетворювачі струму, блоки живлення. Хімічні лабораторії по ступеню поразки людей електричним струмом відносяться до приміщень із підвищеною небезпекою.

До швидкого виходу електроприладів з ладу призводять бризи електролітів, органічних розчинників, агресивних рідин, водні пари.

Небезпека поразки людей електричним струмом при роботі у витяжних шафах підвищується у зв'язку з можливістю одночасного дотику до

металевих корпусів електроустаткування й заземленими водопровідними і газовими комунікаціями.

До усунення переходу напруги на корпус і на неструмоведучі частини електричного і технологічного обладнання при замкненні на них однієї з фаз застосовують захисне заземлення або занулення.

Розрахунок заземлюючого контуру будівлі $R_{з.з.у}$ проводиться виходячи з умови, що загальний опір заземлюючого пристрою повинен бути меншим за 4 Ом (формула 5.12):

$$R_{з.з.у} = R_з \cdot R_{п} / (R_{п} \cdot n \cdot \eta_з + R_з \cdot \eta_{п}), \quad (5.12)$$

де $R_з$ – опір заземлювача (стрижнів, труби), Ом;

$R_{п}$ – опір штаби, що з'єднує заземлювачі, Ом;

n – кількість заземлювачів;

$\eta_з, \eta_{п}$ – коефіцієнти екранування відповідно заземлювача й з'єднуючої штаби ($\eta_з = 0,2$; $\eta_{п} = 0,7$).

Опір заземлювача знаходимо за формулою 5.13:

$$R_з = \frac{\rho}{2\pi \cdot l} \ln \left(\frac{2 \cdot l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot t + l}{4 \cdot t - l} \right), \text{Ом} \quad (5.13)$$

де ρ – питомий опір ґрунту, що дорівнює 150 Ом·м;

l – довжина заземлювача (для труб 2 – 3 м, стрижнів 10 м), приймаємо 2 м;

d – діаметр заземлювача, приймаємо 0,03 м,

t – відстань від середини забитого в ґрунт заземлювача до рівня землі, дорівнює 1,5 м.

$R_з = (150 / (2 \cdot 3,14 \cdot 2)) \cdot \ln((2 \cdot 2 / 0,03) + 0,5 \ln((4 \cdot 1,5 + 2) / (4 \cdot 1,5 - 2))) = 58,45$ Ом;

Опір смуги, що з'єднує заземлювачі визначають за формулою 5.14:

$$R_{п} = \frac{\rho}{2\pi \cdot L} \ln \frac{2 \cdot L^2}{b \cdot t}, \text{Ом} \quad (5.14)$$

де L – довжина смуги, що з'єднує заземлювачі, дорівнює 42 м;

					ПД.12.01.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ документа	Підп.	Дата		96

b – ширина смуги, при прокладці поза будівлею 0,05 м;

t' – глибина заземлень від рівня землі, дорівнює 0,5 м .

$$R_{\Pi} = (150 / (2 * 3,14 * 42)) * \ln(2 * (42)^2 / (0,05 * 0,5)) = 6,74 \text{ Ом}$$

Число заземлень знаходимо за формулою 5.15:

$$n = 2 R_3 / 4 \eta_3 \quad (5.15)$$

де R_3 – опір заземлювача, дорівнює 58,45 Ом;

η_3 – коефіцієнт екранування, дорівнює 0,2.

$$n = 2 * 58,45 / (4 * 0,2) = 146 \text{ шт.}$$

Розраховуємо опір захисного заземлюючого контура:

$$R_{3,з,у} = 58,45 * 6,74 / (6,74 * 146 * 0,2 + 58,45 * 0,7) = 1,66 \text{ Ом};$$

$$1,66 \text{ Ом} < 4 \text{ Ом.}$$

Захисний заземлюючий пристрій працездатний, тому що виконується умова: $R_{3,з,у} < 4 \text{ Ом}$.

5.4.4 Пожежна безпека

Для захисту хімічної лабораторії від пожеж необхідно забезпечити комплекс технічних рішень і організаційних заходів.

Робота в хімічній лабораторії пов'язана з підвищеною пожежною небезпекою. Це обумовлено застосуванням не тільки легкозаймистих рідин (ЛЗР) і горючих рідин (ГР), але й лужних металів, сильних окислювачів, концентрованих кислот і інших хімічних реактивів.

Всі, хто працює в хімічній лабораторії, повинні добре знати властивості тих матеріалів і реактивів, які вони використовують в роботі. Особлива увага повинна бути звернена на пожежо- і вибухонебезпечні характеристики речовин, здатність їх до утворення вибухонебезпечних сумішей з іншими реактивами.

Персонал повинен вміти вжити ефективні заходи з нагоди ліквідації можливих пожеж у початковій стадії їхнього розвитку.

Кожен співробітник хімічної лабораторії повинен дотримуватися правил пожежної безпеки, інструкції, що регламентують його роботу, і виконувати тільки ту роботу, що йому доручена.

					ПД.12.01.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ документа	Підп.	Дата		97

Одним з факторів, що сприяють створенню безпечних умов у хімічній лабораторії є планово-попереджувальний ремонт устаткування, що перебуває в ній та використовується для проведення науково-дослідницьких робіт.

Приміщення хімічної лабораторії повинне бути забезпечене первинними засобами пожежогасіння відповідно до діючих норм і з урахуванням специфічних особливостей гасіння досліджуваних речовин.

Забороняється зберігати пальне у витяжній шафі, у якій проводять роботи з пальниками й іншими нагрівальними приладами, або поруч із окислювачами.

У хімічній лабораторії повинна суворо дотримуватися сумісність зберігання хімічних речовин.

У лабораторному приміщенні ЛЗР, ГР необхідно зберігати в товстостінному скляному посуді із щільно закритою пробкою. Склянки, у яких утримується більше 50 мл ЛЗР, необхідно зберігати в металевих ящиках для горючих розчинників. Місткість скляного посуду, призначеного для зберігання ЛЗР та ГР у хімічній лабораторії не повинна перевищувати 1 л, посуд більшої ємності необхідно поміщати в герметичні футляри.

На робочому місці повинна бути мінімальна кількість ЛЗР і ГР, необхідна для роботи. Тому не допускається одночасне проведення кількох досліджень на одному столі або в одній витяжній шафі.

На ємностях з реактивами, а також хімічними речовинами, у тому числі і з проміжними продуктами, повинні бути чіткі написи із вказівкою назви речовини і її хімічної формули. Згідно правил безпеки не припустимо наклеювати нові етикетки, не знявши старі, а також виправляти написи на етикетках. Якщо на етикетках з реактивами відсутні написи, то такими реактивами користуватися заборонено, вони підлягають аналізу для визначення складу й у випадку його непридатності – знищенню у встановленому порядку.

Якщо під час проведення дослідницьких або експериментальних робіт у хімічній лабораторії проливаються ЛЗР, необхідно негайно виключити всі

					ПД.12.01.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ документа	Підп.	Дата		98

джерела відкритого вогню, електронагрівальні прилади. Пролиті рідини неодмінно засипати піском, а потім забрати й винести за межі лабораторії. Про випадок необхідно негайно повідомити керівника й у пожежну охорону.

Після проведення робіт з використанням ЛЗР і ГР неодмінно вимити посуд. Неприпустимо залишати на робочому місці промаслені ганчірки й папір, щоб не відбулося їхнє самозаймання.

Забороняється виливати ЛЗР і ГР у каналізацію. Відпрацьовані рідини зливають у герметично закриту тару, і в кінці робочого дня виносять із лабораторії. Всі роботи у хімічній лабораторії, пов'язані з можливістю виділення пожежонебезпечних парів і газів необхідно проводити у витяжній шафі, обладнаній справною приточно-витяжною вентиляцією.

По закінченню роботи співробітник лабораторії повинен вимкнути всі прилади, газ, воду.

					ПД.12.01.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ документа	Підп.	Дата		99

6. Економічна частина

Розрахунки собівартості виготовлення 1 м³ блокового карбамідоформальдегідного теплоізоляційного матеріалу проводили згідно витраті вихідної сировини за рецептурою, наведеної в таблиці 6.1.

Собівартість карбамідоформальдегідного зв'язуючого і рідкоскляного гранульованого наповнювача представлена в таблиці 6.1 (вартість компонентів вказана згідно з цінами 2019 року).

Таблиця 6.1

Собівартість зв'язуючого і гранульованого наповнювача

№	Найменування компонента	Ціна за 1 кг, грн	Витрата на 1 м ³ блока, кг	Вартість на 1 м ³ блока, грн
1	Гранульований наповнювач			
	1.1 Рідке скло	2	69,7	139,4
	1.2 Оксид цинку	35	1,74	60,9
2	Зв'язуюче			
	2.1 КФС	6,1	131,01	799,16
	2.2 Гідрокарбонат натрія	3	3,93	11,79
	2.3 Алебастр	1,13	3,93	4,44
	2.4 ОП-10	25,02	0,39	9,76
	2.5 Ортофосфорна кислота	12,3	24,07	296,06
	2.6 ЕГ	27,72	15,23	422,18
3	Електроенергія (расход на спучування гранульованого наповнювача), кВт·ч	2,02	68,46	138,29
Разом:				1882

Таким чином, собівартість спіненого блочного карбамідоформальдегідного теплоізоляційного матеріалу становить 1882 грн / м³ (~70 дол. / м³).

Вартість склопінокарбаміда становить 2023 грн / м³ (~77 дол. / м³). Економічний ефект становить 141 грн / м³ (~ 7 дол. / м³).

Пропоновані карбамідоформальдегідні теплоізоляційні матеріали в будівництві можуть бути використані в якості теплоізоляційних матеріалів для горищних перекриттів і трубопроводів теплотрас, для термоізоляції пасажирських вагонів, літаків і т. п. Карбамідоформальдегідні піноматеріали можна використовувати для заповнення стінових панелей, а також для захисту ґрунтів від промерзання. Ще однією перевагою пропонованих теплоізоляційних матеріалів є те, що їх можна використовувати як конструкційні матеріали зважаючи на високу міцність на відміну від склопінокарбаміда.

Карбамідоформальдегідні теплоізоляційні матеріали не горять, тільки тліють при дії відкритого вогню, і відразу ж загасають при видаленні джерела горіння, тому відносяться до категорії горючості - негорючі.

Температура експлуатації карбамідоформальдегідних піноматеріалів становить 100 - 120 °С, що вище температури експлуатації більшості полімерних піноматеріалів і дозволяє розширити області їх застосування.

					ПД.12.01.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ документа	Підп.	Дата		101

Висновки

1. В ході досліджень вирішені завдання для досягнення поставленої мети: розроблені рецептури і технології отримання теплоізоляційних матеріалів на основі гранульованого рідкоскляного наповнювача і полімерного зв'язуючого на основі карбамідоформальдегідної смоли.
2. Встановлено, що методом хімічного спінювання можна отримати недорогі піноматеріали, придатні для створення ефективних плитних утеплювачів.
3. Досліджено фізико - механічні властивості теплоізоляційних матеріалів і показано, що введення гранульованого наповнювача в карбамідоформальдегідну композицію дозволяє підвищити показники міцності, зменшити показники водопоглинання і гігроскопічності, знизити внутрішню напругу при затвердінні завдяки чому зменшуються усадочні явища, а так само отримати теплоізоляційні матеріали з однорідною структурою.
4. Встановлено, що застосування бікарбонату натрію - як газоутворюючого агента, алебастру – як мінерального наповнювача, ОП – 10 – як піностабілізатора і ортофорсфорої кислоти з етиленгліколем - як каталітичної системи затвердіння дозволяє отримати міцний карбамідоформальдегідний теплоізоляційний матеріал з однорідною структурою, низькими показниками водопоглинання і сорбційної вологості.

					ПД.12.01.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ документа	Підп.	Дата		102

Анотація

У даній магістерській роботі було досліджено властивості композиційного теплоізоляційного матеріалу на основі карбамідоформальдегідної смоли.

При отриманні теплоізоляційних матеріалів на основі карбамідоформальдегідної смоли використовується метод хімічного спінювання при температурі навколишнього середовища за допомогою газотворювача, що штучно вводиться у сировинну композицію. Технології холодного спінювання мають такі важливі переваги перед технологіями гарячого спінювання, як мала енергоємність і простота процесу виробництва. Однак холодним спінюванням, не вдається отримати міцні і безусадкові матеріали через великі залишкові деформації, які протікають при сушці матеріалу. Тому, в даній роботі для усунення вказаних недоліків, пропонується у сировинну композицію вводити гранульований наповнювач. Ведення гранульованого наповнювача в карбамідоформальдегідне зв'язуюче дозволяє отримувати міцний і безусадковий конструкційно - теплоізоляційний матеріал з однорідною структурою.

					ПД.12.01.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ документа	Підп.	Дата		103

Annotation

In this master's degree work properties of composition heat-insulation material were investigated on the basis of amino-formaldehyde resin. At the receipt of heat-insulation materials on the basis of amino-formaldehyde resin the method of the chemical making foam is used at an ambient temperature by means of gas-formative agent that is artificially entered in raw material composition. Technologies of the cold making foam have such important advantages before technologies of the hot making foam, as small power-hungryness and simplicity of process of production. However cold making foam, it is not succeeded to get strong and without-reduction materials through large remaining deformations, that flow at drying of material. To Tom, in this work for the removal of the indicated defects, it is suggested in raw material composition to enter granular filler. The conduct of granular filler in the amino-formaldehyde relating allows to get strong and безусадковий construction is heat-insulation material with homogeneous structure.

					ПД.12.01.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ документа	Підп.	Дата		104

Список літератури

1. A. Evcil. An estimation of the residential space heating energy requirement in Cyprus using the regional average specific heat loss coefficient, *Journal of Energy and Buildings*, 2012, Vol. 55, 164-173.
2. Завадский В.Ф. Технология изделий стеновой и кровельной керамики. // Учебное пособие. - 1998. – 76 с.
3. Минько Н. И. Пеностекло – современный эффективный неорганический теплоизоляционный материал / Н. И. Минько // *Журнал Фундаментальные исследования*. – 2013. - № 6 (часть 4). – С. 849 - 854.
4. Omer Kaynakli. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. - Volume 16, Issue 1, January 2012, Pages 415–425.
5. Al-Homoud MS. Performance characteristics and practical applications of common building thermal insulation materials. *Build Environ* 2005; 40: 353-66.
6. Al-Sanea SA, Zedan MF. Optimum insulation thickness for building walls in a hot-dry climate. *Int J Ambient Energy* 2002; 23(3):115-26.
7. Bolattürk A. Determination of optimum insulation thickness for building walls with respect to various fuels and climate zones in Turkey. *Appl Thermal Eng* 2006; 26(11-12):1301-9.
8. Bolattürk A. Optimum insulation thicknesses for building walls with respect to cooling and heating degree-hours in the warmest zone of Turkey. *Build Environ* 2008; 43(6):1055-64.
9. Hasan A. Optimum insulation-thickness for buildings using life-cycle cost. *Appl Energy* 1999; 63:115-24.
10. Ozel M, Pihtili K. Optimum location and distribution of insulation layers on building walls with various orientations. *Build Environ* 2007; 42:3051-9.
11. Söylemez MS, Ünsal M. Optimum insulation thickness for refrigeration applications. *Energy Convers Manage* 1999; 40:13-21.
12. Теплоизоляция на основе полистирола: тенденции развития рынка [Электронный ресурс]. Режим доступа:

					ПД.12.01.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ документа	Підп.	Дата		105

<http://www.krovirussia.ru/rubriki/materialy-i-texnologii/teploizolyacionnye-materialy/teploizolyaciya-na-osnove-polistirola-tendencii-razvitiya-rynka>

13. Украинский рынок теплоизоляционных материалов [Электронный ресурс]. Режим доступа:

http://aspp.com.ua/ru/press_centr/publikacii/ukrainskij_rinok_teploizoljacionnih_materialov.html

14. Производство строительных материалов [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://invest.gov.kz/ru/pages/proizvodstvo-stroitelnyh-materialov>

15. Баринава Л.С. Тенденции развития промышленности строительных материалов за рубежом / Л.С. Баринава // Строительные материалы. – 2004. – № 11. – С. 2 - 6.

16. Энциклопедия. — М.: Большая Российская Энциклопедия. Главный редактор Г.П. Свищев. – 1994 [Электронный ресурс]. Режим доступа:

http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_tech/2981/%D0%9F%D0%B5%D0%BD%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%B0%D0%B%D1%8B

17. Чухланов В. Ю. Газонаполненные пластмассы. // Учебное пособие. – 2008. - С. 3 – 4, 5, 8 – 9, 93, 34 – 40, 79 – 82, 115.

18. Романсиков И.Г. Физико-механические свойства пенистых пластмасс. - М.: Госстандарт, 1970. – 170 с.

19. A.M. Papadopoulos, et al., Design and Development of Innovative Stone-wool Products for the Energy Upgrading of Existing and New Buildings, Project Interim Report, Thessaloniki, 2004 (in Greek).

20. Карпов Я. С., Остапчук В. В., Сазоненко Н. Д., Семишов Н. И., Шевцова М. А. Авиационное материаловедение. Часть 2. Неметаллические материалы. // Учебное пособие по лабораторному практикуму. – 2004. – С. 4 – 5.

21. Katrine Sivertsen , POLYMER FOAMS. 3.063 Polymer Physics Spring, 2007

22. Павлов В.А. Пенополистирол / В.А. Павлов // М.: Химия. - 1973. – 240 с.

23. Тараканов О.Г. Пенопласты / О.Г. Тараканов, Ю.С. Мурашов // М.: Знание. - 1975. – 64 с.

					ПД.12.01.ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ документа	Гідп.	Дата		106

24. Швецов Г.А. и др. Технология переработки пластических масс / Г.А. Швецов, Д.У. Алимова, М.Д. Барышникова // М.: Химия. - 1988.- 512 с.
25. Cellular Glass or Foamed Glass. Trade OF Industrial Insulation. Insulation – Materials, Science and Application. Module 4 – Unit 6.- 2014.
26. Свищев Г. П. Авиация: энциклопедия / Г. Свищев, А. Белов. – Центральный аэрогидродинамический институт имени проф. Н. Е. Жуковского, 1994. – 406 с.
27. Banhart, J. Manufacturing Routes for Metallic Foams // JOM. 2000. Vol. 52, № 12. Pp. 22–27.
28. «Пеноситал»: производство пеностекла. Огромная гамма выбора по материалам ЗАО «Пеноситал.www.penosital.ru // Стекло мира. – 2011. – № 2. – С. 67–73.
29. Производство пеноматериалов [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://econews.uz/index.php/proizvodstvo-penomaterialov.html>
30. Каблов Е. Н. Авиокосмическое материаловедение. Все материалы. Энциклопедический справочник, 2008, № 3. - С. 21 – 22.
31. Чаус К. В. Технология производства строительных материалов, изделий и конструкций / Чаус К. В., Чистов Ю. Д., Лабзина Ю. В. – 1988 г. – С. 160 - 162.
32. Попов К. Н. Полимерные и полимерцементные бетоны, растворы и мастики / К. Н. Попов // Москва «Высшая школа». - 1987. – С. 6.
33. Связующие материалы [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://delta-grup.ru/bibliot/17/11.htm>
34. Наполнители [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.himhelp.ru/section30/section124/611.html>
35. Горчаков Г. И. Строительные материалы / Г. И. Горчаков, Ю. М. Баженов // Москва. - С. 569, 668.
36. Четвериков В. М. Зависимость диэлектрической проницаемости композита от концентрации и способа введения проводящего наполнителя /

					ПД.12.01.ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ документа	Підп.	Дата		107

В. М. Четвериков, Д. Д. Смирнов, А. Е. Абрамешин, А. С. Гузенкова // Качество. Инновации. Образование. - 2013. - № 12 (103). - С. 63 - 67.

37. Филатова Т. Н. Повышение физико – механических свойств полимерных материалов путем введения нанодисперсных наполнителей/ Т. Н. Филатова, Т. Н. Гиренко // Вопросы радиоэлектроники. - 2009. - № 4. - С. 73 – 78.

38. Зуев В. В. Полимерные нанокompозиты на основе полиамида – 6, модифицированного фуллероидными наполнителями / В. В. Зуев, Ю. Г. Иванова // Физико – химия полимеров: синтез, свойства и применение. - 2011. - № 17. - С. 81 – 86.

39. Ефимов Б.А., Попов К.Н., Сканави Н.А., Беляев К.В. Строительные пластмассы // Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплинам «Строительные материалы», «Материаловедение и технология материалов» для студентов специалитета специальностей 08.05.01 Строительство уникальных зданий и сооружений и 20.05.01 Пожарная безопасность очной формы обучения. – Москва: НИУ МГСУ. – 2015. – С. 6.

40. Отвердители для ЖСС и физико - химические процессы самозатвердевания смесей [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://bent.ru/modules/Articles/article.php?storyid=342&storypage=3>

41. Николаев А. Ф. Синтетические полимеры и пластические массы на их основе / А. Ф. Николаев // Москва, издательство «Химия». - 1964. – С. 404 – 405.

42. Лэри Хенч. Биоматериалы, искусственные органы и инжиниринг тканей / Лэри Хенч, Джулиан Джонс // Москва: Техносфера. - 2007. – 231 с.

43. Marc Hirsch, Surface Active Agents (Surfactants). Prospector. 2015.

44. Melissa rose and vanni parenti, Polyurethanes remain the desired material for energy efficiency in appliances. Appliance DESIGN. 2015.

45. Основные методы получения пеноматериалов [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.ozoneprogram.ru/upload/files/r/ruk/11_rukovodstvo_unido.pdf

46. Белов В. В. Строительные материалы / В. В. Белов, В. Б Петропавловская, Н. В. Храпцов // Москва: Издательство АСВ. - 2014. – С. 17.
47. Cao X.Q. Ceramic materials for thermal barrier coatings / X.Q. Cao, R. Vassen, D. Stoeber // Journal of the European Ceramic Society. – 2004. - Volume 24, Issue 1. - Pages 1-10.
48. Dr. Mohammad S. Al-Homoud. Performance characteristics and practical applications of common building thermal insulation materials / Dr. Mohammad S. Al-Homoud // Building and Environment. – 2005. - Volume 40, Issue 3. - Pages 353-366.
49. Жуков А. Д. Высокопористые материалы: структура и тепломассоперенос / А. Д. Жуков // Москва. - 2014. – С. 28 – 31.
50. Дворкин Л. И., Дворкин О. Л. Справочник по строительному материаловедению // Учебно – практическое пособие. – 2010. – С. 51 – 52.
51. Факторович Л.М. Тепловая изоляция. Справочное руководство / Л.М. Факторович. // Л. : Недра. - 1966. – 456 с.
52. Сухарев М.Ф. Производство теплоизоляционных материалов / М.Ф. Сухарев // М.: Высшая школа. - 1981. - 304 с.
53. Буров Ю.С. Технология строительных материалов и изделий / Ю.С. Буров // М.: Высшая школа. - 1972. – 464 с.
54. Технология пластических масс, под ред. В. В. Коршака, М.: 1972. - С. 346, 364 - 366.
55. Барон Ю. М. Технология конструкционных материалов: Учебник для вузов, Ю.М. Барон. – Санкт - Петербург : издательство «Питер», 2015. – С. 88.
56. Вирпша З., Бжезиньский Я., Аминопласты, пер. с польск., М., 1973;
57. Слоним И. Я., Урман Я. Г., ЯМР-спектроскопия гетероцепных полимеров, М., 1982; Bachmann A., Bertz T., Aminoplaste, 2 Aufl, Lpz. – С. 206 – 207.
58. Кузнецова О. Н. Направленное регулирование свойств терморезактивных смол и материалов на их основе / О. Н. Кузнецова, В. П. Архиреев // Вестник Казанского технологического университета. – 2008. – С. 90 - 94.

59. Широкий Г. Т. Материаловедение для монтажников технологического оборудования, трубопроводов и металлоконструкций / Г. Т. Широкий, П. И. Юхневский, М. Г. Бортницкая // Минск : Вышэйшая школа. - 2012. – С. 233.
60. Большая советская энциклопедия: в 30 т. / Гл. ред. А. М. Прохоров. — 3-е изд. — М. : Сов. энцикл., 1969 – 1978. С. 120.
61. Усиление карбамидных пенопластов активными наполнителями [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://straw-house.ru/usilenie-karbamidnyh-penoplastov-ak>
62. Пат. 2184608 Российская Федерация, МПК В01J20/26, В01J20/30. Способ получения полимерных сорбентов / Мелкозеров В.М., Баронин И.Е., Рязанова Т.В.; заявитель и патентообладатель ОАО Транссибнефть; Сибирский государственный технологический университет. — №2000133191/12; заявл. 29.12.00; опубл. 10.07.02.
63. Современные пенопласты в строительстве(пеноизол: его внедрение и перспективы развития) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.penoizol.kiev.ua/stati/637.html>
64. Что такое пеноизол? [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://penoizol23.ru/penoizol>
65. Пеноизол [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://pro-teplo.com/uteplitel/penoizol/>
66. Пеноизол: свойства и характеристики [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://teplyj-domik.ru/penoizol/penoizol-svojstva-i-harakteristiki.html>
67. Пеноизол [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.ufateplo.ru/penoizol/>
68. Пат. 2072375 Российская Федерация, МПК С08J9/06, С08L61:24. Композиция для пенопласта / Покровская Е. М., Андрющенко И. В.; заявитель и патентообладатель Покровская Елена Михайловна и Андрющенко Ирина Васильевна. — №92009201/04; заявл. 01.12.92; опубл. 27.01.97.

69. Пат. 2249016 Российская Федерация, МПК C08G12/40. Способ получения карбамидоформальдегидной смолы для производства пенопласта / Бугаев Л. С.; Саморядов Ю. М.; Парахин М. И.; Сушильников А. В.; Сушильникова Н. Н.; заявитель и патентообладатель: Открытое Акционерное Общество "Концерн Стирол". — №2003114988/04; заявл. 20.05.03; опубл. 27.11.04.

70. Пат. 2184608 Российская Федерация, МПК B01J20/26, B01J20/30. Способ получения полимерных сорбентов / Мелкозеров В.М., Баронин И.Е., Рязанова Т.В.; заявитель и патентообладатель: Мелкозеров Владимир Максимович и Баронин Игорь Евгеньевич. — №2000133191/12; заявл. 29.12.00; опубл. 10.07.02.

71. Пат. 2074206 Российская Федерация, МПК C08J9/06, C08L61:24. Композиция для получения пенопласта / Левинский Б. В.; заявитель и патентообладатель: Акционерное общество "Иргиредмет" — опубл. 03.02.94.

72. Пат. 44284 Украина, МПК C08L 61/00. Композиція для отримання пінопласту / Мілоцький В. В.; Доценко А. Д.; заявник і власник патенту: Мілоцький Вадим Вадимович та Доценко Анатолій Дмитрович. — №u200904540; заявл. 07.05.09; опубл. 25.09.09.

73. Пат. 69042 А Украина, МПК C08J 9/04. Полімерний піноматеріал / Римар Т. Е.; Кудюков Ю. П.; Мілоцький В. В.; заявник і власник патенту: Римар Тетяна Ернестівна, Кудюков Юрій Петрович та Мілоцький Вадим Вадимович. — № 20031110799; заявл. 28.11.03; опубл. 16.08.04.

74. Вспененные полимеры: классификация, сравнительная характеристика [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://plastinfo.ru/information/articles/46/>

75. Теплоизоляционный материал пеноизол; применение пенопластов в строительстве для утепления конструкций; технология и преимущества пеноизола; утеплитель на основе пенопластов [Электронный ресурс]. Режим доступа:

<https://www.google.com.ua/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=5&ved=0ahUKEwibjp->

					ПД.12.01.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ документа	Підп.	Дата		111

e453XAhUGyKQKHfWJAWUQFgg9MAQ&url=http%3A%2F%2Fkvip53.narod.ru%2Ffiles%2Ftext_1.doc&usg=AOvVaw0hLDpZH-gIEOZkmMV22TSh

76. Вещества вспомогательные ОП – 7 и ОП - 10. Технические условия: ГОСТ 8433 - 81. - [Введен в действие от 01 января 1982 года]. – М.: Государственный стандарт Союза ССР, 2016.

77. Реактивы. Калий марганцовоокислый. Технические условия: ГОСТ 20490 - 78. - [Введен в действие от 01 марта 1975 года]. – М.: Межгосударственный стандарт, 2001.

79. Водорода перекись. Технические условия: ГОСТ 177 - 88. - [Введен в действие от 30 июня 1989 года]. – М.: Межгосударственный стандарт, 2006.

80. Вяжущие гипсовые. Технические условия: ГОСТ 125 - 79. - [Введен в действие от 30 июня 1980 года]. – М.: Межгосударственный стандарт, 2002.

81. Цементы общестроительные. Технические условия: ГОСТ 31108 - 2003. - [Введен в действие от 31 августа 2004 года]. – М.: Межгосударственный стандарт, 2004.

82. Смолы карбамидоформальдегидные. Технические условия: ГОСТ 14231 - 88. - [Введен в действие от 30 июня 1989 года]. – М.: Межгосударственный стандарт, 2003.

83. Кислота ортофосфорная. Технические условия: ГОСТ 6552 - 80. - [Введен в действие от 01 января 1982 года]. – М.: Межгосударственный стандарт, 2003.

84. Этиленгликоль. Технические условия: ГОСТ 19710 - 83. - [Введен в действие от 30 июня 1984 года]. – М.: Межгосударственный стандарт, 2005.

85. Мел химически осажденный. Технические условия: ГОСТ 8253 - 79. - [Введен в действие от 30 июня 1981 года]. – М.: Государственный стандарт Союза ССР, 1990.

86. Натрий двууглекислый. Технические условия: ГОСТ 2156 - 76. - [Введен в действие от 01 января 1977 года]. – М.: Межгосударственный стандарт, 2001.

					ПД.12.01.ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ документа	Підп.	Дата		112

87. Дисперсия поливинилацетатная гомополимерная грубодисперсная. Технические условия: ГОСТ 18992 - 80. - [Введен в действие от 01 января 1982 года]. – М.: Межгосударственный стандарт, 2001.
88. Материалы и изделия строительные теплоизоляционные. Методы испытаний: ГОСТ 17177 - 94. - [Введен в действие от 31 марта 1996 года]. – М.: Межгосударственный стандарт, 2001.
89. Получение карбамидных пенопластов с активированными наполнителями [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://msd.com.ua/teploizolyacionnye-penoplasty-na-osnove-karbamidnyx-smol-s-aktivirovannymi-napolnitelyami/poluchenie-karbamidnyx-penoplastov-s-aktivirovannymi-napolnitelyami-4/>
90. Кругляков П. М. Пены и пенные пленки / П. М. Кругляков, Д. Р. Ексерова // Москва: Химия. – 1990. – С. 432.
91. Оптимизация технологии вспенивания карбамидоформальдегидных смол / Е. А. Новиковский. – г. Барнаул, 2009. – 3 с. – Деп. в Ползуновский Альманах 2009, №2.
92. Теплоизоляция [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.vesta-std.ru/teploizolyaciya/>
93. Оборудование для производства пеноизола [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.delol.ru/main/tehhar/145>
94. Обзор теплоизоляционного материала Пеноизол [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.vashdom.ru/articles/peno-izol_1.htm
95. Сухарев М.Ф. Производство теплоизоляционных материалов / М.Ф. Сухарев // М.: Высш. Школа. - 1981. – 304 с.
96. Факторович Л.М. Тепловая изоляция. Справочное руководство / Факторович Л.М. - Л.: Недра, 1966. – 456 с.
<http://www.newchemistry.ru/dobavka.php?id=20>
97. Взаимодействие цемента с водой и химический состав новообразований [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.masterbetonov.ru/content/view/17912/341/>

					ПД.12.01.ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ документа	Підп.	Дата		113

98. Гипс [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

<http://antclub.ru/masterskaya/napolniteli/gips>

99. Наполнители [Электронный ресурс]. – Режим доступа: 132. Карбамидо – формальдегидный пенопласт (КФП) [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

<http://www.project-house.by/kfp>

					ПД.12.01.ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ документа	Підп.	Дата		114

Додатки

					ПД.12.01.ПЗ	Лист
Ізм	Лист	№ документа	Підп.	Дата		115