

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА**

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

до виконання курсового проекту
з навчальної дисципліни

**«ТЕХНОЛОГІЯ СТІНОВИХ ТА ОЗДОБЛЮВАЛЬНИХ, ІЗОЛЯЦІЙНИХ
ТА ПОКРІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ І ВИРОБІВ»**

Частина друга

*(для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти всіх форм
навчання зі спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія)*

**Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2025**

Методичні рекомендації до виконання курсового проєкту з навчальної дисципліни «Технологія стінових та оздоблювальних, ізоляційних та покрівельних матеріалів і виробів». Частина друга (для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти всіх форм навчання зі спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. О. В. Макаренко. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2025. – 46 с.

Укладач канд. техн. наук, доц. О. В. Макаренко

Рецензент

О. В. Кабусь, старший викладач кафедри матеріалознавства та інженерії композитних конструкцій Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова

Рекомендовано кафедрою матеріалознавства та інженерії композитних конструкцій, протокол № 5 від 18.01.2023

ЗМІСТ

Загальні положення.....	4
1 Вступна частина	5
2 Загальні організаційно-методичні положення	9
2.1 Склад і обсяг курсового проєкту.....	9
2.2 Визначення варіанта завдання	10
2.3 Порядок виконання курсового проєкту.....	13
3 Розрахунково-пояснювальна записка.....	14
3.1 Загальна характеристика, призначення і властивості мінеральної вати та виробів, виготовлених із неї.....	15
3.2 Сировина для виробництва мінеральної вати.....	15
3.3 Технологія виробництва мінеральної вати.....	16
3.4 Розрахунок складу шихти для виробництва мінеральної вати.....	16
3.4.1 Вихідні дані для розрахунку складу шихти.....	16
3.4.2 Розрахунок складу шихти методом послідовного наближення....	17
3.4.3 Розрахунок складу шихти методом складання і розв'язання системи алгебраїчних рівнянь.....	21
3.5 Розрахунок матеріального балансу для виробництва мінеральної вати.....	24
3.5.1 Обґрунтування стану вологості, технологічних і виробничих втрат сировини	24
3.5.2 Розрахунок матеріального балансу за масою для отримання однієї тони мінеральної вати.....	25
3.6 Розрахунок складських приміщень для збереження вихідної сировини та готової продукції в мінераловатному виробництві.....	27
3.7 Контроль виробництва мінеральної вати і виготовлення виробів з неї	30
4 Графічна частина.....	31
Список рекомендованих джерел.....	33
Додаток А Приклад оформлення титульного аркуша	42
Додаток Б Зразок оформлення змісту розрахунково-пояснювальної записки.....	43
Додаток В Поточкова та підсумкова оцінки виконання курсового проєкту за Європейською кредитно-трансферною системою.....	44

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

На сучасному етапі розвитку цивільного та промислового будівництва дедалі ширше впроваджуються ізоляційні матеріали та вироби, що виконують важливу роль у забезпеченні тепло-, звуко- та гідроізоляційних властивостях будівельних конструкцій, інженерних споруд, внутрішніх приміщень, промислового обладнання тощо. Ефективне використання ізоляційних матеріалів сприяє підвищенню енергоефективності об'єктів та забезпеченню комфортного мікроклімату.

Теплоізоляційні матеріали становлять окрему категорію будівельних матеріалів, яка вирізняється високою поруватістю, волокнисто-пустотною структурою та низьким коефіцієнтом теплопровідності. Їх основна функція – мінімізувати тепловтрати, забезпечуючи термоізоляцію будівель і споруд, технологічного обладнання, трубопроводів, холодильних установок і теплотехнічних систем.

Використання теплоізоляційних матеріалів дозволяє суттєво знизити обсяги використання конструкційних матеріалів, зменшити загальні витрати на будівництво, знизити енергоспоживання на обігрів у холодний період року та підвищити захист від перегріву, спричиненого як зовнішніми природними умовами, так і внутрішніми технологічними процесами.

Сучасні тенденції у виробництві теплоізоляційних матеріалів зорієнтовані на зниження їхньої щільності, удосконалення поруватої або волокнистої структури, підвищення ефективності теплоізоляції, а також на розробку виробів з високим ступенем заводської готовності. Особлива увага приділяється зменшенню витрат сировини та енергії при виготовленні продукції.

Серед найпоширеніших теплоізоляційних матеріалів потрібно відзначити мінераловатні матеріали й вироби на їхній основі, природні та штучні зернисті високопоруваті матеріали, а також легкі поруваті бетони, які поєднують високі теплоізоляційні властивості з достатньою механічною міцністю.

1 ВСТУПНА ЧАСТИНА

Мінеральна вата є одним із найпоширеніших теплоізоляційних матеріалів, який має пухку волокнисту структуру, утворену з надтонких склоподібних волокон діаметром від 1 до 15 мкм. Технічні характеристики та вимоги до якості мінеральної вати регламентуються ДСТУ Б В.2.7-318:2016 Вата мінеральна. Технічні умови, де визначені основні показники, зокрема середній діаметр та довжина волокон, марка за середньою густиною, вміст корольків (твердих частинок, що не перейшли у волокнисту фазу), вологість, здатність до водопоглинання, теплопровідність і температуростійкість тощо.

Сировинна база для виробництва мінеральної вати є досить різноманітною та включає як природні, так і техногенні матеріали. Основними компонентами є металургійні шлаки, базальт, доломіт, діабаз, а також промислові відходи й побічні продукти силікатної промисловості. Основними вимогами до сировини є наявність хімічного складу, що забезпечує стабільність і довговічність волокна в умовах впливу вологи, температури й агресивного середовища; низька температура плавлення, яка дозволяє ефективно використовувати її в наявному плавильному обладнанні; здатність утворювати однорідний силікатний розплав із потрібними реологічними властивостями для волокноутворення; а також поширеність у природі або доступність як відходу промисловості, що не потребує складної підготовки до використання.

Щоб досягти необхідних фізико-хімічних властивостей готової продукції, використовується спеціально підібрана сировинна суміш – шихта, яка складається з кількох компонентів і дозволяє регулювати склад і структуру розплаву. Лише окремі види природної сировини мають достатньо збалансований мінералогічний і хімічний склад, щоб застосовуватися без додаткових домішок або коригування рецептури. Таким чином, виробництво мінеральної вати є високотехнологічним процесом, у якому поєднуються знання з хімії, матеріалознавства та інженерії для отримання якісного та надійного теплоізоляційного матеріалу.

Доменні шлаки є одним із основних видів сировини для виробництва мінеральної вати. Вони є високотемпературними розплавами або продуктами їхнього охолодження, що існують у вигляді каменю, в якому кристалізуються силікати й алюмосилікати. Залежно від співвідношення оксидів, що входять до їх складу (SiO_2 , Al_2O_3 , CaO , MgO), загальна кількість яких складає 92–98 % від маси, шлаки поділяються так:

- 1) основні (що мають модуль основності $M_0 = \frac{CaO + MgO}{SiO_2 + Al_2O_3} > 1$);
- 2) кислі ($M_0 < 1$);
- 3) нейтральні ($M_0 = 1$).

До складу шлаків входить шість основних оксидів, вміст яких у відсотках від маси є таким:

SiO_2 – 35–40 %; Al_2O_3 – 10–15 %; CaO – 35–45 ; MgO – 5–10 %; $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$ – 0,5–2,0 %.

Для отримання мінеральної вати використовуються також вагранкові шлаки, які можна застосовувати не лише як компонент шихти для підкислювання доменних шлаків, а і як основну сировину.

Вміст оксидів у таких шлаках (у відсотках від маси) є таким:

SiO_2 – 40–49 %; Al_2O_3 – 17–19 %; CaO – 19–32 %; MgO – 3-4 %; Fe_2O_3 – 3–5 %.

За своїм хімічним складом мартенівські шлаки належать до основних. Загальний вміст у них SiO_2 і Al_2O_3 не перевищує 40 %. Крім того, до їх складу зазвичай входить майже 20 % оксидів заліза і марганцю. Вони можуть використовуватись у якості добавки до доменних шлаків або гірських порід із метою зниження в'язкості розплаву.

Металургійні шлаки використовуються у виробництві мінеральної вати як у затверділому стані (так звані відвальні шлаки), так і в розплавленому, або вогнерідкому вигляді. Використання шлаків безпосередньо у розплавленому стані дає змогу суттєво знизити енергетичні витрати, оскільки відпадає потреба в додатковому підігріві сировини, що позитивно впливає на загальну економічність процесу. Однак застосування вогнерідких шлаків має свої складнощі – насамперед це труднощі з оперативним корегуванням хімічного складу розплаву, який у такому вигляді швидко змінюється та є нестабільним. Немоżliвість точного дозування компонентів і обмеження контролю якості розплаву ускладнюють отримання матеріалу із заданими властивостями, що, своєю чергою, гальмує широке впровадження цього способу перероблювання в промислових масштабах. Тому в сучасних умовах перевага надається використанню охолоджених і подрібнених шлаків, які дають більше можливостей для точного дозування, стабільного хімічного складу шихти та прогнозованого результату у волокноутворенні.

Зола теплових електростанцій є потенційно цінною сировиною для виробництва мінеральної вати, хоча її використання ускладнене через нестабільність хімічного складу, що залежить від виду і якості спалюваного вугілля. Попри це численні дослідження підтвердили доцільність і технічну можливість застосування золи як складника шихти для виготовлення мінераловатної продукції шляхом отримання силікатного розплаву в електродпечах. Такий підхід дозволяє не лише знизити витрати на сировину, а й розв'язати екологічні проблеми, пов'язані з накопиченням золошлакових відходів.

Крім того, важливу роль у формуванні шихти відіграють відходи керамічного та силікатного виробництв, які використовуються переважно для коригування хімічного складу основної сировини. Вони містять оксиди кремнію, алюмінію та інші компоненти, що сприяють оптимізації складу розплаву, в якому головним компонентом зазвичай є металургійні шлаки.

Використання таких відходів дозволяє підвищити якість кінцевого продукту та зменшити витрати на природну сировину.

Гірські породи займають значне місце у виробництві мінеральної вати, оскільки можуть застосовуватися як повноцінна однокомпонентна сировина або як частина комбінованої шихти. Найбільш придатними є вивержені породи габро-базальтової групи, які мають стабільний хімічний склад, що забезпечує високу якість волокна. Також можливе використання метаморфічних гірських порід, подібних за складом до базальтів, а в окремих випадках – карбонатних порід, які виконують допоміжну функцію в регулюванні кислотно-основного балансу шихти.

Вміст оксидів у складі вивержених гірських порід, які використовуються для виробництва мінеральної вати (у відсотках від маси), є таким:

SiO_2 – 45–65 %; Al_2O_3 – 10–20 %; CaO – 5–15 %; R_2O – 1–3 %; $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$ – 10–15 %.

Застосування природних гірських порід забезпечує стабільність процесу волокнуутворення, а також високу термічну та хімічну стійкість готової мінеральної вати.

Технологічний процес виробництва мінеральної вати складається з кількох взаємопов'язаних етапів, кожен із яких має ключове значення для формування якісного кінцевого продукту. На початковій стадії здійснюється підготовка сировини, що включає подрібнення, сушіння, очищення від домішок і формування шихти відповідного складу. Далі сировинна суміш надходить у плавильні агрегати, де відбувається її розплавлення з утворенням однорідного силікатного розплаву. Саме на цьому етапі забезпечується необхідна хімічна та фізична однорідність матеріалу, що має вирішальне значення для стабільного процесу волокнуутворення.

Для отримання силікатного розплаву використовуються різні типи теплотехнічного обладнання, зокрема вагранки, шахтні й ванні печі, шахтнованні установки, шлакоприймачі, електродугові, циклонні та конверторні печі. Вибір конкретного типу агрегату залежить від виду сировини, вимог до продуктивності та енергетичної ефективності виробництва. Найбільш поширеними в сучасній промисловості є електродугові печі, які забезпечують точне регулювання температурного режиму та хімічного складу розплаву.

Після отримання розплаву відбувається ключовий етап – перетворення його на мінеральне волокно. Цей процес реалізується кількома методами: методом дуття, коли розплав розпилюється струменем гарячого повітря або пари; методом відцентровування, при якому розплав подається на швидкообертові барабани або диски, з яких він розтягується у волокна; а також комбінованими способами, що поєднують обидва підходи для досягнення кращих технічних характеристик матеріалу.

Завершальним етапом є формування готових виробів із мінеральної вати – плит, рулонів, матів, оболонки тощо. Волокнувата маса, змішана зі зв'язувальними речовинами, укладається у форми, ущільнюється, проходить термообробку для полімеризації зв'язувального компонента, після чого вироби

охладжуються, нарізаються та пакуються. Такий комплексний підхід забезпечує отримання високоякісної продукції, що відповідає сучасним вимогам до тепло- та звукоізоляційних матеріалів.

На рисунку 1.1 зображено загальну технологічну схему виробництва мінеральної вати з наведенням усереднених підсумкових виробничих та технологічних втрат у відсотках від маси.



Рисунок 1.1 – Загальна технологічна схема виробництва мінеральної вати

2 ЗАГАЛЬНІ ОРГАНІЗАЦІЙНО-МЕТОДИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ

Метою курсового проекту є поглиблення та закріплення знань, отриманих студентами в межах вивчення дисципліни «Технологія стінових та оздоблювальних, ізоляційних та покрівельних матеріалів і виробів». Проект спрямований на детальне опрацювання теоретичних та практичних аспектів виробництва сучасних теплоізоляційних матеріалів, а саме мінеральної вати. У процесі виконання роботи студенти ознайомлюються зі структурою й особливостями технологічного процесу, принципами побудови технологічних схем, методами виконання техніко-технологічних розрахунків, а також з основами організації виробництва.

Крім того, важливим завданням курсового проекту є формування вміння самостійно працювати з технічною, довідковою, нормативною та науково-технічною літературою, здійснювати аналіз технологічного обладнання, конструктивних і функціональних особливостей виробничих ліній. Проект також сприяє розвитку аналітичного мислення, технічної грамотності й професійної компетентності студентів, що є необхідними складовими підготовки майбутнього фахівця у галузі будівництва та виробництва будівельних матеріалів.

2.1 Склад і обсяг курсового проекту

Курсовий проект з дисципліни «Технологія стінових та оздоблювальних, ізоляційних та покрівельних матеріалів і виробів» складається з розрахунково-пояснювальної записки обсягом 30–40 сторінок формату А4 і графічної частини обсягом один аркуш формату А1.

Титульний аркуш розрахунково-пояснювальної записки оформляється згідно з додатком А. Рекомендований зміст розрахунково-пояснювальної записки наведено в додатку Б. Оцінювання здійснюється відповідно до додатка В.

Розрахунково-пояснювальна записка оформляється відповідно до нормативних вимог відносно найменування складових частин (розділів), оформлення рисунків та тексту, таблиць (ДСТУ 3008:2015 Інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлення, ДСТУ 8302:2015 Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання). Розрахунково-пояснювальна записка виконується в рукописному або комп'ютерному вигляді на аркушах паперу формату А4. В тексті необхідно подавати посилання на технічну і нормативну літературу та на інші використані джерела. Таблиці та рисунки повинні мати номери і найменування згідно з вимогами нормативних документів.

Графічна частина має містити технологічну схему виробництва мінеральної вати та виготовлення виробів з неї, виконану в аксонометрії.

Експлікація до графічної частини наводиться як додаток у складі пояснювальної записки.

2.2 Визначення варіанта завдання

Варіант індивідуального завдання для кожного студента визначається за двома цифрами: за останньою цифрою номера індивідуального плану (залікової книжки) студента та за останньою цифрою номера студента в журналі академічної групи.

Перша цифра варіанта завдання відповідає останній цифрі номера індивідуального плану (залікової книжки) студента, за якою з таблиці 2.1 визначається розрахунковий модуль кислотності мінеральної вати, найменування основного (першого) компонента шихти (шлаку), показники його хімічного складу, модулі основності та кислотності шлаку.

Друга цифра варіанта завдання відповідає останній цифрі номера студента в журналі академічної групи (відомості інституту), за якою з таблиці 2.2 визначається найменування додаткового компонента – коригуючої добавки, показники її хімічного складу та модулів основності і кислотності.

Згідно з таблицею 2.3 визначаються показники істинної густини (γ_i , г/см³), середньої густини (γ_c , г/см³), насипної густини (γ_n , т/м³) та вологості (W , %) основного (табл. 2.1) і додаткового (табл. 2.2) компонентів шихти.

Згідно з найменуванням заданого основного компонента шихти (табл. 2.1) за таблицею 2.4 визначаються тип плавильного агрегату і спосіб переробки силікатного розплаву на волокно.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад основного (першого) компонента шихти для виробництва мінеральної вати

Номер варіанта за заліковою книжкою	Розрахунковий модуль кислотності мінеральної вати, M_k	Найменування шлаку	Вміст основних оксидів, у відсотках за масою				Модуль основності шлаку, M_o	Модуль кислотності шлаку, M_k
			SiO_2	Al_2O_3	CaO	MgO		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1,40	Доменний шлак, м. Дніпро Дніпровський металургійний завод	41,20	3,80	48,20	2,60	1,13	0,88
2	1,45	Мартенівський шлак, м. Запоріжжя Запорізький металургійний комбінат «Запоріжсталь»	23,30	3,90	44,00	12,00	2,06	0,49

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
3	1,50	Доменний шлак, м. Маріуполь, Металургійний комбінат «Азовсталь»	33,50	7,30	26,30	8,40	0,85	1,18
4	1,55	Мартенівський шлак, м. Дніпро Дніпровський металургійний завод	18,70	11,30	37,10	15,60	1,75	0,57
5	1,60	Доменний шлак, м. Кривий Ріг «АрселорМіттал Кривий Ріг»	38,20	15,10	43,30	8,10	0,96	1,04
6	1,40	Ферохромовий шлак, м. Нікополь Нікопольський завод феросплавів	27,40	7,20	51,30	9,30	1,75	0,57
7	1,45	Доменний шлак, м. Запоріжжя Запорізький металургійний комбінат «Запоріжсталь»	29,60	15,90	34,90	9,20	0,96	1,04
8	1,50	Ферохромовий шлак, м. Дніпро Дніпровський металургійний завод	25,90	7,00	52,10	9,20	1,86	0,54
9	1,55	Доменний шлак, м. Кам'янське Дніпровський металургійний комбінат	38,30	16,60	33,20	6,90	0,73	1,34
0	1,60	Доменний шлак, м. Маріуполь Маріупольський металургійний комбінат імені Ілліча	37,30	15,80	33,90	8,60	0,80	1,25

Таблиця 2.2 – Хімічний склад додаткового коригуючого компонента шихти для виробництва мінеральної вати

Номер варіанта за відомістю інституту	Найменування коригуючої добавки	Вміст основних оксидів, у відсотках від маси				Модуль основності добавки, M_o	Модуль кислотності добавки, M_k
		SiO_2	Al_2O_3	CaO	MgO		
1	Глинистий сланець	53,80	18,80	2,30	4,80	0,10	10,23
2	Бій керамічної цегли	71,70	16,20	2,20	1,90	0,05	21,44
3	Сланець хлоритовий	50,10	14,80	9,20	6,40	0,24	4,16
4	Бій керамічної цегли	65,60	14,60	6,20	2,30	0,11	9,44
5	Бій силікатної цегли	84,90	1,40	5,50	0,60	0,07	14,15
6	Граніт	70,30	13,10	2,20	1,00	0,04	26,06
7	Цегляна глина	76,40	8,40	2,10	1,10	0,04	25,70
8	Базальт	51,20	13,70	9,20	6,10	0,24	4,24
9	Габро	46,80	17,00	10,10	6,30	0,26	3,89
0	Діабаз	47,20	14,10	10,60	6,10	0,27	3,67

Таблиця 2.3 – Характеристика компонентів шихти для виробництва мінеральної вати

№ з/п	Найменування компонента	Значення показників у певних межах			
		Вологість, W , у відсотках від маси	Істинна густина, γ_i , г/см ³	Середня густина, γ_c , г/см ³	Насипна густина, γ_n , т/м ³
1	Доменний шлак	2–16	2,80–2,85	2,00–2,40	1,05–1,25
2	Мартенівський шлак	1–12	2,85–2,90	2,20–2,65	1,10–1,35
3	Ферохромовий шлак	2–12	2,85–2,90	2,20–2,70	1,15–1,45
4	Глинистий сланець	2–6	2,60–2,65	2,50–2,65	1,25–1,35
5	Сланець хлоритовий	1–5	2,60–2,65	2,55–2,65	1,30–1,40
6	Бій керамічної цегли	2–10	2,50–2,55	1,85–2,25	0,95–1,15
7	Бій силікатної цегли	2–6	2,65–2,70	2,35–2,65	1,20–1,40
8	Граніт	1–2	2,80–2,85	2,75–2,85	1,40–1,90
9	Цегляна глина	0–4	2,55–2,60	2,25–2,45	1,15–1,25
10	Базальт	1–2	2,90–2,95	2,85–2,90	1,45–1,50
11	Габро	1–2	2,80–2,85	2,65–2,75	1,35–1,40
12	Діабаз	1–2	2,85–2,85	2,60–2,75	1,30–1,45

Таблиця 2.4 – Тип плавильного агрегату і спосіб переробки силікатного розплаву на волокно

Найменування шлаку	Тип плавильного агрегату	Спосіб переробки силікатного розплаву на волокно
Доменний шлак, м. Дніпро	Вагранкова піч	Відцентровий
Мартенівський шлак, м. Запоріжжя	Ванна піч	Дуттьовий
Доменний шлак, м. Маріуполь, «Азовсталь»	Електродугова піч	Комбінований
Мартенівський шлак, м. Дніпро	Циклонна піч	Відцентровий
Доменний шлак, м. Кривий Ріг	Вагранкова піч	Дуттьовий
Ферохромовий шлак, м. Нікополь	Ванна піч	Комбінований
Доменний шлак, м. Запоріжжя	Електродугова піч	Відцентровий
Ферохромовий шлак, м. Дніпро	Циклонна піч	Дуттьовий
Доменний шлак, м. Кам'янське	Вагранкова піч	Комбінований
Доменний шлак, м. Маріуполь, ім. Ілліча	Ванна піч	Відцентровий

2.3 Порядок виконання курсового проєкту

Після отримання завдання на виконання курсового проєкту студент повинен у найкоротші терміни ознайомитися з технічною, довідковою та нормативною літературою, що стосується обраної теми. Це дозволяє сформулювати повне уявлення про предмет дослідження та технологічні особливості виробництва мінеральної вати. Наступним кроком є складання календарного плану виконання проєкту (змісту), який визначає послідовність та строки реалізації кожного з етапів роботи. Такий план слугує орієнтиром у процесі підготовки й забезпечує раціональний розподіл часу на всі розділи курсового проєкту.

Виконання проєкту здійснюється поетапно відповідно до затвердженого календарного плану протягом поточного навчального семестру, у межах якого вивчається відповідна дисципліна. Кожен етап включає опрацювання теоретичного матеріалу, виконання технічних і технологічних розрахунків, аналіз технологічного обладнання, оформлення графічної частини та підготовку

пояснювальної записки. Така організація роботи сприяє послідовному та системному засвоєнню матеріалу, розвитку навичок планування, аналітичного мислення та технічного письма, що є важливою компонентою фахової підготовки майбутнього інженера.

3 РОЗРАХУНКОВО-ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

У вступній частині курсового проєкту доцільно висвітлити значення теплоізоляційних матеріалів у сучасному будівництві, акцентуючи увагу на їхній ключовій ролі в забезпеченні енергоефективності, комфорту та довговічності будівель і споруд. З огляду на зростаючі вимоги до зменшення тепловтрат, підвищення рівня екологічності та енергозаощадження, теплоізоляційні матеріали займають все більш вагоме місце в інженерних рішеннях як у цивільному, так і в промисловому будівництві. Сучасний рівень розвитку виробництва таких матеріалів характеризується широким асортиментом продукції, впровадженням новітніх технологій, автоматизацією процесів та прагненням до зниження енергетичних і ресурсних витрат. Перспективи галузі полягають у розробці більш ефективних, легших і екологічно безпечних теплоізоляційних матеріалів з покращеними експлуатаційними характеристиками.

Зважаючи на те що найпоширенішим і одним із найефективніших теплоізоляційних матеріалів є мінеральна вата, у вступі варто навести загальні відомості про її виробництво, зокрема використовувану сировину, технологічні етапи та принципи формування волокон. Описуються основні фізико-технічні властивості мінеральної вати: низька теплопровідність, негорючість, звукоізоляційні якості, паропроникність та стійкість до впливу агресивних середовищ. Необхідно зазначити типові сфери її застосування, зокрема теплоізоляція фасадів, покрівель, перегородок, промислових установок і трубопроводів тощо.

Окрему увагу потрібно приділити умовам експлуатації мінеральної вати: температурному режиму, вологості, механічним навантаженням, впливу ультрафіолетового випромінювання. Також важливо розкрити питання довговічності матеріалу, яка при дотриманні умов монтажу та експлуатації може сягати 25–50 років, а також можливості технічного обслуговування, ремонту або часткової заміни для відновлення його експлуатаційних характеристик. Усе це створює ґрунтовну основу для подальшого вивчення технологічного процесу виготовлення мінеральної вати в основній частині курсового проєкту.

3.1 Загальна характеристика, призначення і властивості мінеральної вати та виробів, виготовлених із неї

У цьому підрозділі наводиться характеристика мінеральної вати за номенклатурою і властивостями згідно з чинними нормативними документами (технічні вимоги щодо мінеральної вати наведено в ДСТУ Б В.2.7-318:2016 Вата мінеральна. Технічні умови. Описуються основні показники якості мінеральної вати, серед яких діаметр і довжина волокон, марка за середньою густиною, вміст корольків, вологість, водопоглинання, теплопровідність, температуростійкість та ін. Також згадується про призначення й галузь застосування мінеральної вати.

У цьому підрозділі наводяться відомості щодо різновидів виробів, виготовлених із мінеральної вати, класифікації, номенклатури, а також щодо властивостей, призначення і галузі застосування виробів, виготовлених на основі мінеральної вати з наведенням діючих стандартів і основних нормативних вимог. Студент визначає та погоджує з керівником курсового проекту один із виробів, виготовлених із мінеральної вати, і наводить його експлуатаційні характеристики відповідно до стандарту.

3.2 Сировина для виробництва мінеральної вати

У цьому підрозділі з використанням навчальної, довідкової і нормативної літератури наводиться перелік основних і додаткових сировинних матеріалів, які рекомендується використовувати в процесі виробництва мінеральної вати, і характеризуються їхні властивості. Також наводяться відомості та вимоги щодо заданої основної сировини для виробництва мінеральної вати – певного виду шлаку (табл. 2.1), заданого додаткового коригувального компонента (табл. 2.2) та характеризуються основні й додаткові сировинні компоненти для виробництва мінеральної вати і виробів, які з неї виготовляються (табл. 2.3), відповідно до вимог таких чинних стандартів, як ДСТУ Б В.2.7-318:2016 Вата мінеральна. Технічні умови, ДСТУ Б В.2.7-169:2008 Вироби теплоізоляційні з мінеральної вати ламельні. Технічні умови (EN 13162:2001, NEQ), ДСТУ Б В.2.7-167:2008 Будівельні матеріали. Вироби теплоізоляційні з мінеральної вати на синтетичному зв'язуючому. Загальні технічні умови (EN 13162:2001, NEQ), ДСТУ Б В.2.7-316:2016 Плити та картон мінераловатні теплоізоляційні. Технічні умови, ДСТУ Б В.2.7-235:2010 Фасонні елементи з мінеральної вати для ізоляції трубопроводів. Технічні умови, ДСТУ Б В.2.7-317:2016 Мати та шнури мінераловатні теплоізоляційні. Технічні умови тощо.

3.3 Технологія виробництва мінеральної вати

У цьому підрозділі наводиться структурно-логічна технологічна схема виробництва мінеральної вати згідно з вихідними даними щодо виробничих та технологічних втрат, у відсотках від маси (за зразком рис. 1.1); описуються основні технологічні операції і процеси, які відбуваються. При цьому детально описуються основні типи механічних і теплових агрегатів для підготовки шихти, отримання силікатного розплаву й обладнання для переробки розплаву на волокно і виробу; наводяться їхні схеми, принципи дії і характеристики; порівнюються переваги й недоліки, обґрунтовується обрання конкретного обладнання.

3.4 Розрахунок складу шихти для виробництва мінеральної вати

3.4.1 Вихідні дані для розрахунку складу шихти

Вихідними даними для розрахунку складу шихти є хімічні склади сировинних матеріалів і задане (розрахункове) значення модуля кислотності мінеральної вати, яке обумовлюється призначенням мінеральної вати для виробу, умовами її експлуатації у виробі або конструкції і способом переробки силікатного розплаву на мінеральне волокно.

Вихідні дані для розрахунку складу шихти мінеральної вати кожен студент отримує згідно з індивідуальним завданням (підрозділ 2.2).

Наприклад, номер залікової книжки студента є таким: 2006-031 (останньою цифрою є 1), а в списку відомості інституту або журналу академічної групи студент записаний під номером 12 (остання цифра 2). Згідно з таблицею 2.1, за рядком з цифрою 1 отримується завдання для розрахунку складу шихти з модулем кислотності 1,40 на основі доменного шлаку металургійного заводу м. Дніпро. За таблицею 2.2 у рядку з цифрою 2 визначається коригуючий компонент – бій керамічної цегли. Згідно з таблицею 2.3 визначаються показники γ_i , γ_c , γ_n та W компонентів шихти – доменного шлаку та бою керамічної цегли. За таблицею 2.4 за найменуванням шлаку визначаються тип плавильного агрегату – вагранкова піч, і спосіб переробки силікатного розплаву на волокно – відцентровий.

Приклад оформлення вихідних даних для розрахунку складу шихти

Необхідно визначити витрати сировинних матеріалів для отримання однієї тони мінеральної вати із сухих матеріалів шихти без втрат та виробничий склад з натуральною вологістю і визначеними виробничими та технологічними втратами інгредієнтів.

Виходячи з наведених даних у таблицях 2.1 і 2.2:

- модуль кислотності розплаву M_k дорівнює 1,40;
- основною сировиною є доменний шлак (м. Дніпро), що характеризується показниками, які студент обрав із таблиці 2.3: істинна густина – 2,82 г/см³; середня густина – 2,20 г/см³; насипна густина – 1,25 т/м³; вологість – 2 %;
- додатковою сировиною є бій керамічної цегли, що характеризується показниками, які студент обрав із таблиці 2.3: істинна густина – 2,52 г/см³; середня густина – 2,05 г/см³; насипна густина – 1,05 т/м³; вологість – 8 %;
- для плавлення силікатного розплаву використовується вагранкова піч (табл. 2.4);
- переробка силікатного розплаву на волокно здійснюється за відцентровим способом за допомогою багатовалкової центрифуги (табл. 2.4);
- відповідно до виду виробу, визначеного студентом, мінеральна вата використовується для виготовлення прошивних матів марки 100 за середньою густиною від 80 до 105 кг/м³ за ДСТУ Б В.2.7-317:2016 Мати та шнури мінераловатні теплоізоляційні. Технічні умови.

Розрахункові дані сировини за хімічним складом основного і додаткового компонентів зведено в таблицю 3.1.

Таблиця 3.1 – Хімічний склад вихідних сировинних компонентів шихти для виробництва мінеральної вати заданої якості та прошивних матів з неї

Сировинні компоненти	Вміст оксидів, у відсотках від маси				M_o	M_k
	SiO_2	Al_2O_3	CaO	MgO		
Доменний шлак (n)	41,20	3,80	48,20	2,60	1,13	0,88
Бій керамічної цегли (m)	71,70	16,20	2,20	1,90	0,05	21,44

3.4.2 Розрахунок складу шихти методом послідовного наближення

Склад шихти для виробництва мінеральної вати з заданими властивостями розраховується методом послідовного наближення виходячи з наявності двох компонентів – основного і коригуючого. Суть методу полягає в тому, що, задаючись вмістом будь-якого одного оксиду в отримуваний мінеральній ваті з розрахунковим модулем кислотності і знаючи вміст цього оксиду в складі сировинних матеріалів, у порядку певної послідовності визначається кількість окремих частин шихти. Таким складником зазвичай є один із оксидів, який здебільшого визначає величину модуля кислотності мінеральної вати, здебільшого це SiO_2 .

Із двох видів сировинних матеріалів, які складають шихту, один вважається основним, а другий – додатковим, коригуючим, кількість якого в шихті виражається через X .

Далі задаються оптимальним вмістом SiO_2 в розплаві (a). Як правило, в першому варіанті розрахунку він складає 50 %. Після визначення відсоткового вмісту SiO_2 у основній (b) і додатковій (c) сировинах складається рівняння

$$a = b + X \cdot (c - b),$$

із якого визначається вміст у шихті коригуючого компонента в частках одиниці:

$$X = \frac{a - b}{c - b}.$$

Після визначення кількості додаткової сировини X (в частках одиниці), визначається кількість основної сировини ($1 - X$). Далі визначається вміст окремих хімічних оксидів у складі шихти у відсотках за співвідношенням основного ($1 - X$) і коригуючого X компонентів. Наприклад, вміст SiO_2 в основному інгредієнті (шлаковому) складатиме n , а в коригуючому (в бої керамічної цегли) – m . Тоді вміст SiO_2 у складі шихти у відсотках від маси можна виразити за допомогою такого рівняння: $SiO_2 = n \cdot (1 - X) + m \cdot X$.

За такою самою методикою обчислюється вміст інших оксидів, які визначають модуль кислотності, тобто Al_2O_3 , CaO і MgO .

Підставляючи обчислені значення оксидів, що містяться в шихті, у формулу для визначення модуля кислотності, обчислюють його величину і порівнюють із заданим значенням. Якщо розрахунковий модуль кислотності не відрізняється більше ніж на 1 % від заданого, то розрахунок складу шихти на цьому закінчують і переводять вміст компонентів шихти з часток одиниці в відсотки від маси, а також вносять поправку щодо вологості матеріалу під час визначення виробничого складу шихти за масою.

Якщо ж обчислений модуль кислотності виходить за межі допустимих значень (1 %) незначно в більший бік, то задаються іншою, дещо зменшеною величиною вмісту SiO_2 в складі шихти (від 50 %), і навпаки. Далі повторюють розрахунок. За надмірно високого значення в першому розрахунковому модулі кислотності порівняно із заданим для повторного розрахунку приймають значно менший вміст SiO_2 в шихті (за 50 %), а за значно недостатньої величини модуля кислотності відносно заданого приймають вміст SiO_2 у складі шихти значно більшим за 50 %. Так послідовно виконується розрахунок з наближенням значення модуля кислотності шихти до заданого з різницею в допустимих межах (1 %).

У курсовому проєкті наводяться послідовні розрахунки: перший – у випадку, якщо вміст SiO_2 складає 50 %, передостанній і останній є обов'язковими.

Приклад розрахунку складу шихти методом послідовного наближення

Для визначення кількості додаткової сировини X (бою керамічної цегли) приймаємо кількість основної сировини (шлаку) відповідно до рівняння $Y = 1 - X$ і задаємося вмістом в розплаві шихти оксиду SiO_2 , який складає 50 %. Далі, згідно з даними таблиці 3.1, визначаємо кількість додаткової сировини:

$$X = \frac{a - b}{c - b} = \frac{(50,00 - 41,20)}{(71,70 - 41,20)} = 0,289,$$

де X – кількість бою керамічної цегли, яка додається до шихти, в частках одиниці;

a – заданий вміст SiO_2 у складі шихти, відсотків від маси (для першого варіанта розрахунку студент приймає за 50 %);

b – вміст SiO_2 у шлаку, у відсотках від маси (за табл. 3.1 – 41,20 %);

c – вміст SiO_2 у бої керамічної цегли, у відсотках від маси (за табл. 3.1 – 71,70 %).

За обчисленим вмістом додаткової сировини ($X = 0,289$ частки одиниці), вміст у шихті основної сировини (доменного шлаку) складе

$$Y = 1 - X = 1 - 0,289 = 0,711.$$

Таким чином, одна вагова частина шихти буде складатися з 0,711 вагових частин шлаку і 0,289 вагових частин бою керамічної цегли.

Вміст оксидів, які потрапляють з основної і додаткової сировини в таку шихту, у відсотках від маси, розраховується так:

$$SiO_2 = 0,711 \cdot 41,20 + 0,289 \cdot 71,70 = 50,01;$$

$$Al_2O_3 = 0,711 \cdot 3,80 + 0,289 \cdot 16,20 = 7,38;$$

$$CaO = 0,711 \cdot 48,20 + 0,289 \cdot 2,20 = 34,91;$$

$$MgO = 0,711 \cdot 2,60 + 0,289 \cdot 1,90 = 2,39.$$

За такого співвідношення оксидів у шихті модуль її кислотності розраховується наступним чином:

$$M_k = \frac{50,01 + 7,38}{34,91 + 2,39} = \frac{57,39}{37,30} = 1,54.$$

відповідно до розрахунку відхилення складає

$$\frac{1,54 - 1,40}{1,40} \cdot 100 = 10\% .$$

Отримане значення модуля кислотності перевищує допустиму норму відхилення (1 %) від заданого за варіантом завдання. Це свідчить про необхідність зменшення в шихті розрахункового вмісту SiO_2 (від 50 %).

Із метою отримання розрахункового модуля кислотності, наближеного до заданого в межах допустимої норми відхилення (1 %), необхідно виконати додатковий розрахунок, зменшивши вміст SiO_2 у складі шихти від 50 % до 48,52 %. У результаті вміст бою керамічної цегли в шихті можна розрахувати так:

$$X = \frac{48,52 - 41,20}{71,70 - 41,20} = \frac{7,32}{30,50} = 0,24 .$$

$$Y = 1 - X = 1 - 0,24 = 0,76 .$$

Отже, шихта буде складатися з 76 % шлаку і 24 % бою керамічної цегли. Вміст оксидів у такій шихті у відсотках від маси буде таким:

$$SiO_2 = 0,76 \cdot 41,20 + 0,24 \cdot 71,70 = 48,52;$$

$$Al_2O_3 = 0,76 \cdot 3,80 + 0,24 \cdot 16,20 = 6,78;$$

$$CaO = 0,76 \cdot 48,20 + 0,24 \cdot 2,20 = 37,16;$$

$$MgO = 0,76 \cdot 2,60 + 0,24 \cdot 1,90 = 2,43 .$$

Модуль кислотності такої шихти можна визначити так:

$$M_k = \frac{48,52 + 6,78}{37,16 + 2,43} = \frac{55,30}{39,59} = 1,39 .$$

Відхилення в значеннях заданого і визначеного модулів кислотності у цьому розрахунковому варіанті складатиме

$$\frac{1,40 - 1,39}{1,40} \cdot 100 = 0,7\% .$$

Розбіжність між заданою і визначеною за методом послідовного наближення величинами модуля кислотності не перевищує 1 %. Отже, розрахунковий склад шихти відповідає заданим умовам отримання силікатного розплаву з модулем кислотності $M_k = 1,40$ для виробництва мінеральної вати та виробів із неї.

3.4.3 Розрахунок складу шихти методом складання і розв'язання системи алгебраїчних рівнянь

Цей метод розрахунку складу шихти для виробництва мінеральної вати рекомендується як перевірочний і прискорений.

Шихта для виробництва мінеральної вати, зазвичай, складається з двох видів сировини – основної і додаткової. Отже, розраховуючи склад шихти, складають і розв'язують систему двох рівнянь з двома невідомими: X і Y , які виражають кількість складових частин шихти (відповідно X – основного, Y – додаткового коригуючого).

Одне з таких рівнянь має такий вигляд: $X + Y = 1$.

Друге рівняння є вираженням модуля кислотності шихти із доданням до неї часток основного компонента X та додаткового Y :

$$M_k = \frac{(SiO_2' + Al_2O_3') \cdot X + (SiO_2'' + Al_2O_3'') \cdot Y}{(CaO' + MgO') \cdot X + (CaO'' + MgO'') \cdot Y},$$

де SiO_2' , Al_2O_3' , CaO' , MgO' – вміст відповідних оксидів в основному компоненті шихти, у відсотках від маси (табл. 3.1, табл. 2.1);

SiO_2'' , Al_2O_3'' , CaO'' , MgO'' – вміст таких самих оксидів у додатковому коригуючому компоненті шихти, у відсотках від маси (табл. 3.1, табл. 2.2);

M_k – величина розрахункового модуля кислотності, задана в індивідуальному завданні (табл. 2.1).

Після розв'язання рівняння відносно X або Y визначається вміст кожного із сировинних компонентів у шихті в частках одиниці, а потім виражається склад шихти за двома компонентами у відсотках від маси. Розбіжність між величинами заданого й розрахункового модулів кислотності не повинна перевищувати 1 %.

Розрахунок розбіжності між величинами модулів кислотності та порівняння відхилення з допустимим (1 %) виконується обов'язково. На підставі отриманих результатів наводиться висновок про вміст, у відсотках від маси, основного й додаткового компонентів шихти.

Приклад розрахунку складу шихти методом складання і розв'язання системи алгебраїчних рівнянь

За умовами варіанта завдання маємо вихідні дані для розрахунку (див. підрозділ 3.4.1, табл. 3.1).

Позначивши через X вміст у шихті основного компонента (доменного шлаку), а через Y – додаткового коригуючого компонента (бою керамічної цегли), складаємо два рівняння, одне з яких – відносно заданого M_k (табл. 2.1):

$$\begin{cases} X + Y = 1 \\ \frac{(SiO_2' + Al_2O_3') \cdot X + (SiO_2'' + Al_2O_3'') \cdot Y}{(CaO' + MgO') \cdot X + (CaO'' + MgO'') \cdot Y} = M_k; \end{cases}$$

$$\begin{cases} X + Y = 1 \\ \frac{(41,20 + 3,80) \cdot X + (71,70 + 16,20) \cdot Y}{(48,20 + 2,60) \cdot X + (2,20 + 1,90) \cdot Y} = 1,40; \end{cases}$$

$$\begin{cases} X + Y = 1 \\ \frac{45,00 \cdot X + 87,90 \cdot Y}{50,80 \cdot X + 4,10 \cdot Y} = 1,40. \end{cases}$$

Систему рівнянь розв'язуємо за методом вилучення одного невідомого:

$$\begin{cases} X = 1 - Y \\ \frac{45,00 \cdot (1 - Y) + 87,90 \cdot Y}{50,80 \cdot (1 - Y) + 4,10 \cdot Y} = 1,40. \end{cases}$$

Розв'язавши рівняння відносно Y , отримуємо його значення, тобто визначаємо вміст у шихті додаткового компонента (бою керамічної цегли) в частках одиниці:

$$\begin{aligned} \frac{45,00 - 45,00 \cdot Y + 87,90 \cdot Y}{50,80 - 50,80 \cdot Y + 4,10 \cdot Y} &= 1,40; \\ \frac{45,00 + 42,90 \cdot Y}{50,80 - 46,70 \cdot Y} &= 1,40; \\ 45,00 + 42,90 \cdot Y &= 1,40 \cdot (50,80 - 46,70 \cdot Y); \\ 45,00 + 42,90 \cdot Y &= 71,70 - 65,40 \cdot Y; \\ 42,90 \cdot Y + 65,40 \cdot Y &= 71,70 - 45,00; \\ 108,30 \cdot Y &= 26,70; \\ Y &= 0,241 \approx 0,24. \end{aligned}$$

Тоді вміст у шихті основного компонента (доменного шлаку) складатиме

$$X = 1 - 0,24 = 0,76.$$

Округляючи отримані значення до сотих, визначаємо вміст у шихті основного компонента в частках одиниці:

$$X = 0,76$$

і додаткового:

$$Y = 0,24.$$

Після цього уточнюємо величину модуля кислотності, якою буде характеризуватися розплав, отриманий із шихти розрахункового складу. Для цього перемножуємо кількість оксидів вихідних компонентів шихти (табл. 3.1) основного компонента на значення X і додаткового коригуючого – на Y . Таким чином, визначаємо кількість відповідних оксидів, які додаються до розплаву шихти разом з доменним шлаком і боєм керамічної цегли.

Результати розрахунку заносимо до таблиці 3.2, виходячи зі вмісту в шихті часток доменного шлаку в кількості 0,76 і часток бою керамічної цегли в кількості 0,24.

Таблиця 3.2 – Вміст оксидів у розплаві за розрахункового складу шихти, обчисленого за методом складання і розв'язання системи рівнянь

Сировинні компоненти	Вміст оксидів, у відсотках від маси, які вносяться з частками компонентів			
	SiO_2	Al_2O_3	CaO	MgO
Доменний шлак (частка 0,76)	31,31	2,89	36,63	1,98
Бій керамічної цегли (частка 0,24)	17,21	3,89	0,53	0,45
Шихта (сумарний внесок)	48,52	6,78	37,16	2,43

Підставляючи значення SiO_2 , Al_2O_3 , CaO і MgO , які містяться в шихті (табл. 3.2), у формулу для визначення модуля кислотності, уточнюємо його значення за допомогою розрахунку:

$$M_k = \frac{48,52 + 6,78}{37,16 + 2,43} = \frac{55,30}{39,59} = 1,396.$$

Розбіжність між заданою і отриманою за допомогою розрахунку величинами модуля кислотності складає $\frac{1,400 - 1,396}{1,400} \cdot 100 = 0,286\%$, тобто не перевищує 1 %.

Отже, розрахунковий склад шихти відповідає заданим умовам отримання розплаву, модуль кислотності M_k якого дорівнює 1,40, за вмісту у ній 76 % доменного шлаку і 24 % бою керамічної цегли.

3.5 Розрахунок матеріального балансу для виробництва мінеральної вати

Розрахунок матеріального балансу здійснюється з урахуванням потужності заводу, цеху або технологічної лінії, що є ключовим етапом при проектуванні виробництва. Потужність визначається керівником курсового проєкту на підставі технічних вимог і розрахунків, які повинні відповідати обраному типу виробництва та умовам функціонування підприємства. Потужність впливає на загальний обсяг споживаних ресурсів, а також на кількість виготовленої продукції за одиницю часу. Важливою частиною цього етапу є оцінка всіх матеріальних витрат, включаючи сировину, енергію, воду, допоміжні матеріали та інші ресурси, необхідні для ефективного функціонування виробничого процесу.

У методичних рекомендаціях до курсового проєкту наведено приклади розрахунків матеріального балансу для виробництва однієї тони мінеральної вати, а також для виготовлення різних виробів, які з неї виготовляються, таких як теплоізоляційні плити, мати або рулони. Ці приклади допомагають студентам правильно оцінити потребу у сировині та матеріалах на різних етапах технологічного процесу, враховуючи втрати матеріалів на кожному етапі виробництва та ефективність використання ресурсів. Крім того, розрахунки матеріального балансу дозволяють визначити економічну ефективність виробництва та його вплив на довкілля, що є важливим аспектом сучасного виробничого планування.

3.5.1 Обґрунтування стану вологості, технологічних і виробничих втрат сировини

Стан вологості сировини обґрунтовується залежно від виду і властивостей сировини, умов її зберігання, вологості навколишнього середовища, після чого наводяться показники для обох компонентів шихти (табл. 3.3).

На початку виконання курсового проєкту студент обґрунтовує показники вологості і наводить їх (див. підрозділ 3.4.1) за довідковими даними (табл. 2.3). Визначивши далі показники, студент заносить їх до таблиці 3.3 для розрахунку матеріального балансу.

Технологічні й виробничі втрати основного та коригуючого компонентів шихти визначаються залежно від обраної технологічної схеми виробництва мінеральної вати. Технологічні й виробничі втрати сировини у процесі виробництва мінеральної вати можуть складати від 1 % до 35 % (рис. 1.1). Рекомендовані до використання довідкові дані щодо втрат наведено на

рисунку 1.1. На розробленій технологічній схемі виробництва мінеральної вати і виробів з неї (підрозділ 3.3) наводяться виробничі та технологічні втрати на технологічних переділах (з використанням схеми, зображеної на рис. 1.1).

Приклад обґрунтування стану вологості, технологічних і виробничих втрат сировини

Для обґрунтування стану вологості сировини потрібно враховувати, що задана відповідно до варіанта основна сировина може характеризуватися більш високою початковою вологістю порівняно з додатковою сировиною. Доменний шлак зберігається за умов виробництва, як правило, на відкритому складі, а бій керамічної цегли – на напівзакритому складі або в бункерах. Відносна вологість повітря складає 45–60 %. З урахуванням наведених вище чинників (прийнятих у варіанті завдання) (див. підрозділ 3.4.1 та виходячи з даних табл. 2.3), маємо такі величини вологості сировини у відсотках від маси: доменний шлак – 8 %, бій керамічної цегли – 2 %.

Аналіз обраної технологічної схеми виробництва мінеральної вати, розробленої за зразком, зображеним на рисунку 1.1, свідчить про те, що сумарні виробничі й технологічні втрати сировини під час транспортування, складування, подрібнення з нефракційного кускового матеріалу, фракціювання до розміру 40–70 мм з відсівом фракції до 40 мм, дозування компонентів шихти, перемішування компонентів шихти, отримання силікатного розплаву у вагранці, переробки силікатного розплаву на волокно за допомогою багатовалкової центрифуги, виготовлення прошивних матів марки 100 за середньою густиною, складування готової продукції складають: для доменного шлаку – 28 %, для бою керамічної цегли – 20 %.

3.5.2 Розрахунок матеріального балансу за масою для отримання однієї тони мінеральної вати

Вихідними даними для розрахунку матеріального балансу для виробництва однієї тони мінеральної вати є визначений двома способами склад шихти з основного і додаткового компонентів, обґрунтовані величини вологості, технологічних і виробничих втрат сировинних компонентів шихти.

Спочатку необхідно визначити витрати сировинних компонентів шихти за масою (масу основного компоненту – $m_{осн}$ і масу додаткового компоненту – $m_{дод}$) для виробництва, наприклад, однієї тони мінеральної вати без урахування вологості, технологічних і виробничих втрат компонентів (основного – $m_{осн}$ і додаткового – $m_{дод}$), а потім обчислити витрати сировинних компонентів шихти для виробництва однієї тони мінеральної вати з урахуванням їх вологості, технологічних і виробничих втрат.

Приклад складання матеріального балансу, у відсотках від маси, для отримання однієї тони мінеральної вати

Розрахунки складу шихти методом складання і розв’язання системи алгебраїчних рівнянь і методом послідовного наближення дозволили встановити, що до складу шихти входить 76 % доменного шлаку і 24 % бою керамічної цегли.

Витрати компонентів шихти для отримання однієї тони мінеральної вати без урахування вологості компонентів шихти, технологічних і виробничих втрат сировинних матеріалів будуть складати:

- доменного шлаку

$$m_{осн} = 1000 \cdot 0,76 = 760 \text{ кг};$$

- бою керамічної цегли

$$m_{одд} = 1000 \cdot 0,24 = 240 \text{ кг}.$$

З урахуванням вологості сировинних матеріалів отримуємо такі витрати компонентів шихти на виробництво мінеральної вати і прошивних матів марки 100:

- доменного шлаку

$$760 \cdot 1,08 = 821 \text{ кг};$$

- бою керамічної цегли

$$240 \cdot 1,02 = 245 \text{ кг}.$$

З урахуванням технологічних і виробничих втрат сировинних матеріалів на шляху від складу сировини до складу готової продукції (прошивних матів) отримуємо такі витрати компонентів шихти:

- доменного шлаку

$$821 \cdot 1,28 = 1051 \text{ кг};$$

- бою керамічної цегли

$$245 \cdot 1,20 = 294 \text{ кг}.$$

Отримані результати заносимо до таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Витрати сировини для виробництва однієї тони мінеральної вати, модуль кислотності якої складає $M_k = 1,40$, і виготовлення з неї прошивних матів марки 100

Найменування сировинних матеріалів	Витрати сировини без урахування вологості і втрат, кг	Вологість сировини, відсотків	Технологічні й виробничі втрати, відсотків	Виробничі витрати сировини, кг
Доменний шлак	760	8	28	1 051
Бій керамічної цегли	240	2	20	294

3.6 Розрахунок складських приміщень для збереження вихідної сировини та готової продукції в мінераловатному виробництві

Збереження сировинних компонентів і готової продукції пов'язано з площинами та об'ємами виробничих приміщень. Тому важливо виконувати розрахунок кількості сировини і готової продукції не тільки відповідно до маси, а й відповідно до об'єму для розрахунку складських приміщень для розміщення сировини і готової продукції.

Розрахуємо об'єм складів для збереження сировинних компонентів ($V_{осн}$, $V_{дод}$) за довідковими даними таблиці 2.3 відповідно до їх насипної густини, m^3 :

1) об'єм складу для збереження основного сировинного компонента розраховується так:

$$V_{осн} = \frac{m_{осн}}{\gamma_{н.осн}} ;$$

2) об'єм складу для збереження додаткового сировинного компонента розраховується так:

$$V_{дод} = \frac{m_{дод}}{\gamma_{н.дод}} ,$$

де $m_{осн}$ – маса основного компонента, т;

$\gamma_{н.осн}$ – насипна густина основного компонента, t/m^3 ;

$m_{дод}$ – маса додаткового компонента, т;

$\gamma_{н.дод}$ – насипна густина додаткового компонента, t/m^3 .

Сумарний об'єм складу для розміщення компонентів шихти ($V_{шихти}$) для виробництва 1 т мінеральної вати розраховується за такою формулою, m^3 :

$$V_{шихти} = V_{осн} + V_{дод}.$$

Об'єм одиниці маси розплаву ($V_{розпл}$), який отримують у плавильному агрегаті (вагранці), з урахуванням внесення до одиниці маси шихти частки основного компонента X і додаткового компонента Y розраховується за довідковими даними таблиці 2.3 відповідно до істинної густини основного й додаткового компонентів, m^3 :

$$V_{розпл} = \frac{X}{\gamma_{i.осн}} + \frac{Y}{\gamma_{i.дод}} ,$$

де $\gamma_{i.осн}$ – істинна густина основного компонента, t/m^3 ;

$\gamma_{i.дод}$ – істинна густина додаткового компонента, t/m^3 .

Густина розплаву ($\gamma_{розпл}$) при цьому буде складати, т/м³:

$$\gamma_{розпл} = X \cdot \gamma_{i.осн} + Y \cdot \gamma_{i.дод}.$$

Вироблену мінеральну вату і, наприклад, виготовлені з неї прошивні мати марки 100 (відповідно до середньої густини $\gamma_{с.мв}$ від 80 до 105 кг/м³) можна розмістити на складі готової продукції об'ємом $V_{мв}$, який складає, м³:

$$V_{мв} = \frac{X + Y}{\gamma_{с.мв}},$$

де $\gamma_{с.мв}$ – середня густина прошивних матів марки «100», виготовлених з мінеральної вати, т/м³.

Коефіцієнт виходу мінеральної вати ($K_{вих}$) визначається за співвідношенням її об'єму (у виробках – прошивних матах марки 100) до сумарного об'єму основного й додаткового компонентів:

$$K_{вих} = \frac{V_{с.мв}}{V_{осн} + V_{дод}}.$$

Коефіцієнт розпушування розплаву ($K_{розпуш}$) визначається за показниками густини розплаву та середньої густини мінеральної вати (виробу):

$$K_{розпуш} = \frac{\gamma_{розпл}}{\gamma_{с.мв}}.$$

Для розрахунку об'єму складських приміщень для вихідної сировини та розміщення готової продукції використовуються наведені вище вказівки і методика розрахунку на одиницю маси продукції. Показники визначаються з урахуванням потужності технологічної лінії, цеху або заводу відповідно до маси або об'єму готової продукції.

Приклад розрахунку складських приміщень для збереження вихідної сировини та готової продукції у мінераловатному виробництві

Наведено методику розрахунку об'єму вихідних компонентів – складових шихти для виробництва 1 т мінеральної вати і об'єму готової продукції – прошивних матів марки 100 (середня густина – в межах від 80 до 105 кг/м³), виготовлених із 1 т силікатного розплаву.

Для розміщення на складі сировини для виробництва 1 т мінеральної вати необхідні об'єми, м³:

– для розміщення основного компонента (доменного шлаку):

$$V_{осн} = \frac{m_{осн}}{\gamma_{н.осн}} = \frac{0,76}{1,25} = 0,61;$$

– для розміщення додаткового коригуючого компонента (бою керамічної цегли):

$$V_{дод} = \frac{m_{дод}}{\gamma_{н.дод}} = \frac{0,24}{1,05} = 0,23.$$

Сумарний об'єм складу, на якому можна розмістити компоненти шихти для виробництва 1 т мінеральної вати, складає, м³:

$$V_{шихти} = V_{осн} + V_{дод} = 0,61 + 0,23 = 0,84.$$

Із розрахованої кількості компонентів шихти в плавильному агрегаті отримуємо силікатний розплав, об'єм якого складає, м³:

$$V_{розпл} = \frac{X}{\gamma_{i.осн}} + \frac{Y}{\gamma_{i.дод}} = \frac{0,76}{2,82} + \frac{0,24}{2,52} = 0,37.$$

Густина розплаву при цьому складатиме, т/м³:

$$\gamma_{розпл} = X \cdot \gamma_{i.осн} + Y \cdot \gamma_{i.дод} = 0,76 \cdot 2,82 + 0,24 \cdot 2,52 = 2,64.$$

Для виробленої мінеральної вати і використаної для виготовлення прошивних матів з густиною в рихло-волокнистому стані від 80 до 105 кг/м³ (марки 100) необхідно використати об'єм складу в таких межах, м³:

$$V_{\min.мв} = \frac{X + Y}{\gamma_{\min.мв}} = \frac{0,76 + 0,24}{0,105} = \frac{1}{0,105} = 9,52.$$

$$V_{\max.мв} = \frac{X + Y}{\gamma_{\max.мв}} = \frac{0,76 + 0,24}{0,08} = \frac{1}{0,08} = 12,5.$$

Для прошивних матів марки 100 середній об'єм складу розраховується так, м³:

$$V_{с.мв} = \frac{X + Y}{\gamma_{с.мв}} = \frac{0,76 + 0,24}{0,1} = \frac{1}{0,1} = 10.$$

Коефіцієнт виходу мінеральної вати з сировини відповідно до її об'єму порівняно з об'ємом сировини складе:

$$K_{\text{вих}} = \frac{V_{\text{с.мв}}}{V_{\text{осн}} + V_{\text{доо}}} = \frac{10}{0,61 + 0,23} = \frac{10}{0,84} = 11,9.$$

За даними розрахунку коефіцієнт розпушування розплаву для виробництва мінеральної вати (виробу) для даного прикладу складе:

$$K_{\text{розпуш}} = \frac{\gamma_{\text{розпл}}}{\gamma_{\text{с.мв}}} = \frac{2,64}{0,10} = 26,4.$$

Таким чином, для розміщення компонентів шихти для виробництва 1 т мінеральної вати об'єм складу повинен складати 0,84 м³, а прошивні мати марки 100 за густиною, вироблені з однієї тони мінеральної вати, поміщаються на складі готової продукції, об'єм якого становить 10 м³. Коефіцієнт виходу мінеральної вати з сировини відповідно до її об'єму складає 11,9, а коефіцієнт розпушування розплаву – 26,4.

3.7 Контроль виробництва мінеральної вати і виготовлення виробів з неї

У курсовому проєкті студент повинен викласти матеріал щодо системи контролю виробництва мінеральної вати, а саме:

- вхідного контролю якості й відповідності вимогам стандартів сировинних матеріалів;
- контролю технологічного процесу переробки сировинних матеріалів на мінеральне волокно і виробів, виготовлених із нього;
- контролю якості й відповідності показників якості продукції вимогам нормативних документів щодо мінеральної вати та виробів, виготовлених з неї.

Матеріал щодо системи контролю рекомендується подати у вигляді звичайного опису або у вигляді таблиці. Обов'язково при цьому потрібно звернути увагу на логічність і послідовність опису об'єктів контролю, на системність його проведення, указати виконавця контролю виробництва, а також навести методики та стандарти, на основі яких здійснюється контроль.

Стосовно обраного об'єкта виробництва мінеральної вати під час вхідного контролю оцінюється якість шлакового щебеню (відповідно до ДСТУ Б В.2.7-209:2009 Будівельні матеріали. Щебінь з доменного шлаку для виробництва мінеральної вати. Технічні умови) додаткового коригуючого компонента щодо гірських порід або штучних силікатних матеріалів – згідно з методикою ДСТУ Б В.2.7-290:2011 Будівельні матеріали. Метод мікроскопічного кількісного аналізу структури (ГОСТ 22023-76, MOD),

ДСТУ Б В.2.7-42-97 Будівельні матеріали. Методи визначення водопоглинення, густини і морозостійкості будівельних матеріалів і виробів. Зі зміною № 1.

Контроль технологічного процесу переробки сировини на теплоізоляційний матеріал або виріб, виготовлений з нього, здійснюється відповідно до регламенту та нормативів, наведених у технологічній карті.

Вихідний контроль з прийомом і сертифікацією готової продукції для цього прикладу здійснюється лабораторією та відділом технічного контролю згідно з вимогами ДСТУ Б В.2.7-38-95 Матеріали і вироби теплоізоляційні. Методи випробувань (ГОСТ 17171-94), ДСТУ Б В.2.7-317:2016 Мати та шнури мінераловатні теплоізоляційні. Технічні умови.

У курсовому проєкті студент повинен посилатися на вимоги чинних стандартів щодо прийому, пакування, складування, збереження, транспортування та поставки користувачам готової продукції згідно з ДСТУ Б А.1.1-23-94 Система стандартизації та нормування в будівництві. Засоби пакування та контейнери для будівельних матеріалів і виробів. Терміни та визначення, ДСТУ Б В.2.7-317:2016 Мати та шнури мінераловатні теплоізоляційні. Технічні умови.

4 ГРАФІЧНА ЧАСТИНА

Курсовий проєкт, окрім розрахунково-пояснювальної записки, обов'язково має включати графічну частину, яка є обов'язковою частиною загальної структури проєкту. Вона виконується на одному аркуші формату А1 із використанням сучасного програмного забезпечення для інженерного та графічного проєктування. Графічна частина має відображати обрану за варіантом завдання транспортно-технологічну схему виробництва мінеральної вати та виробів на її основі. Зображення повинно бути представлене в аксонометричній проєкції з чітким зображенням усіх етапів технологічного процесу – від складів сировини до зони зберігання готової продукції та транспортно-відвантажувальних ділянок. На кресленні необхідно вказати розташування всього основного та допоміжного технологічного обладнання, а також позначити напрями руху сировини, напівфабрикатів та готової продукції.

До креслення додається експлікація – пояснення до позначеного на схемі обладнання та об'єктів інфраструктури. Вона оформлюється як додаток до пояснювальної записки та має містити умовні позначення, технічні характеристики основного обладнання, а також опис функціонального призначення кожної одиниці.

Для виконання графічної частини студент може використовувати широкий спектр програмного забезпечення. Найбільш універсальним і поширеним є AutoCAD, що дозволяє створювати високоточні інженерні креслення у 2D та 3D. Також доцільним є застосування SolidWorks та Компас-3D – програм для 3D-моделювання, які зручні для деталізації технологічного

обладнання. Для більш візуального та архітектурно-просторового представлення планування виробничих ділянок доцільно використовувати такі програми, як SketchUp, ArchiCAD, Revit. При створенні графічних схем, блок-схем і логістичних карт доцільно застосовувати Microsoft Visio або CorelDRAW, які зручні для векторної графіки та оформлення структурних і транспортних схем.

Під час захисту курсового проекту графічна частина виконує функцію візуалізації прийнятих технічних рішень і має доповнювати текст пояснювальної записки. Вона слугує наочним засобом для демонстрації логіки організації виробництва мінеральної вати, послідовності технологічних операцій та раціонального розміщення обладнання, що дає змогу повноцінно оцінити інженерну підготовку студента та розуміння ним матеріалу.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Утеплення, ремонт та реконструкція плоских покрівель цивільних будівель [Електрон. ресурс] : посібник / Авраменко Ю. О., Лещенко М. В., Магас Н. М. [та ін.] ; за ред. О. В. Семка. – Електрон. текст. дані. – Полтава : ПП «Астроя». – 238 с. – Режим доступу: <https://reposit.nupp.edu.ua/bitstream/PolNTU/4155/1/%D0%9F%D0%9E%D0%A1%D0%86%D0%91%D0%9D%D0%98%D0%9A.pdf>, вільний (дата звернення: 27.04.2025). – Назва з екрана.
2. Безсмертний М. П. Процеси і апарати в технології будівельних матеріалів [Електрон. ресурс] : посібник для студентів ВНЗ / М. П. Безсмертний ; Київськ. нац. ун-т будівн. та арх. – Електрон. текст. дані. – Київ : КНУБА, 2014. – 202 с. – Режим доступу: <http://surl.li/mxczw>, вільний (дата звернення: 10.04.2025). – Назва з екрана.
3. Технологія опоряджувальних робіт (для учнів ПТНЗ будівельного профілю) [Електрон. ресурс] : навч. посіб. / Я. Ю. Білоконь, Ю. І. Кравець, М. І. Михнюк, Т. В. Пятничук ; Інститут проф.-техн. освіти НАПН України. – Електрон. текст. дані. – Київ : ПІТО НАПН України, 2015. – 167 с. Режим доступу: <https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/107153/1/%D0%A2%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%96%D1%8F%20%D0%BE%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%8F%D0%B4%D0%B6%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B8%D1%85%20%D1%80%D0%BE%D0%B1%D1%96%D1%82%201803%20%D0%BF%D1%96%D1%81%D0%BB%D1%8F%20%D0%9A%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%B5%D1%86%D1%8C%20%D0%A1.%20%D0%93..pdf>, вільний (дата звернення: 10.04.2025). – Назва з екрана.
4. Технології одержання виробів із полімерів: лабораторний практикум [Електрон. ресурс] : лаб. практик. / О. В. Близнюк, Г. М. Черкашина, В. В. Лебедєв, С. О. Копилов. – Електрон. текст. дані. – Харків : ФОП Панов А.М., 2023. – 258 с. Режим доступу: <https://web.kpi.kharkov.ua/tpm/wp-content/uploads/sites/26/2024/02/Tehnologiyi-oderzhannya-virobiv-iz-polimeriv.pdf>, вільний (дата звернення: 10.04.2025). – Назва з екрана.
5. Будстандарт Online сервіс для роботи з нормативними документами. – [Електрон. ресурс] : сайт. – Електрон. текст. дані. – Оновлюється постійно. – Режим доступу: <https://online.budstandart.com/ua/>, вільний (дата звернення: 10.04.2025). – Назва з титул. екрана.
6. Будівельні матеріали та їх поведінка в умовах високих температур [Електрон. ресурс] : навч. посіб. / О. В. Васильченко, М. М. Удянський, О. М. Данілін, О. В. Савченко, О. В. Миргород. – Електрон. текст. дані. – Харків : НУЦЗУ, 2024. – 174 с. – Режим доступу: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/bitstream/123456789/20835/1/%D0%91%D1%83%D0%B4%20%D0%BC%D0%B0%D1%82%20%D1%82%D0%B0%20%D1%97%D1%85%20%D0%BF%D0%BE%D0%B2%D0%B5%D0%B4%20%D0%B2%20%D1%83%D0%BC%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%85%20%D0%B2.%D1%82%20%D0%9D.%D0%9F.pdf>, вільний (дата звернення: 11.05.2025). – Назва з екрана.

7. Воронов Г. К. Теорія та практика одержання хімічних речовин і матеріалів [Електрон. ресурс] : конспект лекцій для студентів 1 курсу денної форми навчання другого (магістерського) рівня вищої освіти за спеціальністю 161 – Хімічні технології та інженерія / Г. К. Воронов ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Електрон. текст. дані. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2020. – 120 с. – Режим доступу: <https://core.ac.uk/download/pdf/334604234.pdf>, вільний (дата звернення: 11.04.2025). – Назва з екрана.

8. Технології утеплення фасадів будівель [Електрон. ресурс] : підручник / О. В. Гайдук, Т. М. Герлянд, Н. В. Кулалаєва, Н. В. Півторацька, Т. В. Пятничук. – Електрон. текст. дані. – Житомир : Полісся, 2021. – 362 с. – Режим доступу: https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/729507/1/10_%D0%9F%D1%96%D0%B4%D1%80%D1%83%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%BA_%D0%A3%D1%82%D0%B5%D0%BF%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F_%D1%84%D0%B0%D1%81%D0%B0%D0%B4%D1%96%D0%B2_%D0%B1%D1%83%D0%B4%D1%96%D0%B2%D0%B5%D0%BB%D1%8C_%D0%91%D1%96%D0%B1%D0%BB%D1%96%D0%BE%D1%82%D0%B5%D0%BA%D0%B0_%D0%9E%D0%91%D0%9B%D0%9E%D0%96%D0%9A%D0%90.pdf, вільний (дата звернення: 27.04.2025). – Назва з екрана.

9. Гузюк В. Б. Малярні та опоряджувальні роботи [Електрон. ресурс] : навч. посіб. / В. Б. Гузюк, Т. Б. Федечко. – Електрон. текст. дані. – Львів : Світ, 2021. – 332 с. – Режим доступу: <https://mon.gov.ua/static-objects/mon/sites/1/pto/materialy/04.05.2022/Posibnyk-Malyarni.ta.oporyadzhualni.roboty.06.05.2022.pdf>, вільний (дата звернення: 17.05.2025). – Назва з екрана.

10. Гуменюк І. В. Технологія бляхарних робіт [Електрон. ресурс] : навч. посіб. для здобувач. проф. (проф.-тех.) освіти / І. В. Гуменюк, О. В. Гуменюк, В. В. Паржницький. – Електрон. текст. дані. – Київ : Грамота, 2023. – 272 с. – Режим доступу: <https://lib.imzo.gov.ua/wa-data/public/site/books2/posibnyky-prof-tech/Gumenuk Tehnologiya blyaharnih robit Gramota compressed.pdf>, вільний (дата звернення: 27.04.2025). – Назва з екрана.

11. Грибан В. Г. Безпека життєдіяльності та охорона праці [Електрон. ресурс] : підручник / В. Г. Грибан, А. Є. Фоменко, Д. Г. Казначеев. – Електрон. текст. дані. – Дніпро : Дніпроп. держ. ун-т внутр. справ, 2022. – 388 с. – Режим доступу: https://fpk.in.ua/images/biblioteka/2FMB_Pravo/Hryban.-2022-Pidruchnyk-BZHD-ta-OP.pdf, вільний (дата звернення: 25.04.2025). – Назва з екрана.

12. Технологія опоряджувальних, теплоізоляційних та гідроізоляційних матеріалів [Електрон. ресурс] : навч. посіб. / Л. Й. Дворкін, М. П. Гандзюк, Є. П. Желібо, М. О. Халімовський ; Нац. ун-т водн. госп. та природокор. – Електрон. текст. дані. – Рівне : НУВГП, 2010. – 223 с. – Режим доступу: https://ep3.nuwm.edu.ua/10274/1/%D0%9F%D0%BE%D1%81%D1%96%D0%B1%D0%BD%D0%B8%D0%BA_%D0%A2%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%96%D1%8F%20%D0%BE%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%8F%D0%B4%D0%B6%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%BB%D

[1%8C%D0%BD%D0%B8%D1%85%2C%20%D1%82%D0%B5%D0%BF%D0%B%D0%BE%D1%96%D0%B7%D0%BE%D0%BB%D1%8F%D1%86%D1%96%D0%B9%D0%BD%D0%B8%D1%85%20%D1%82%D0%B0%20%D0%B3%D1%96%D0%B4%D1%80%D0%BE%D1%96%D0%B7%D0%BE%D0%BB%D1%8F%D1%86%D1%96%D0%B9%D0%BD%D0%B8%D1%85%20%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B5%D1%80%D1%96%D0%B0%D0%BB%D1%96%D0%B2.%20%D0%9D%D0%B0%D0%B2%D1%87%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B8%D0%B9%20%D0%BF%D0%BE%D1%81%D1%96%D0%B1%D0%BD%D0%B8%D0%BA%20%281%29.pdf](#), вільний (дата звернення: 25.04.2025). – Назва з екрана.

13. Дворкін Л. Й. Будівельне матеріалознавство [Електрон. ресурс] : підручник / Л. Й. Дворкін, С. Д. Лаповська ; Нац. ун-т водн. госп. та природокор. – Електрон. текст. дані. – Рівне : НУВГП, 2016. – 448 с. – Режим доступу: <https://ep3.nuwm.edu.ua/4741/1/V55.pdf>, вільний (дата звернення: 25.04.2025). – Назва з екрана.

14. Обладнання хімічних виробництв та підприємств будівельних матеріалів [Електрон. ресурс] / А. І. Дубінін, В. М. Атаманюк, В. П. Дулеба, Д. М. Симак. – Електрон. текст. дані. – Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2013. – 292 с. – Режим доступу: <https://vlp.com.ua/node/10482>, вільний (дата звернення: 25.04.2025). – Назва з екрана.

15. Желібо Є. П. Безпека життєдіяльності [Електрон. ресурс] : навч. посіб. / Є. П. Желібо, Н. М. Заверуха., В. В. Зацарний ; за ред. Є. П. Желібо. – 6-те вид. – Електрон. текст. дані. – Київ : Каравела, 2008. – 344 с. – Режим доступу: <https://ктеп.kiev.ua/wp-content/uploads/2019/12/ZHelibo-Bezpeka-ZHitt-diyalnosti-2008.pdf>, вільний (дата звернення: 17.04.2025). – Назва з екрана.

16. Основи охорони праці [Електрон. ресурс] : підручник / О. І. Запорожець, О. С. Протоєрейський, Г. М. Франчук, І. М. Боровик. – Електрон. текст. дані. – Київ : Центр учбової літератури, 2009. – 264 с. – Режим доступу: <http://moodle.nati.org.ua/mod/resource/view.php?id=9709>, вільний (дата звернення: 17.04.2025). – Назва з екрана.

17. Сучасні композиційні будівельно-оздоблювальні матеріали, модифіковані сухі будівельні суміші та водно-дисперсійні полімерні склади [Електрон. ресурс] : підручник / П. В. Захарченко, Е. М. Долгий, Ю. О. Галаган, О. М. Гавриш. – Електрон. текст. дані. – Київ : ТОВ «Інтертехнологія», 2005. – 511 с. – Режим доступу: <https://koha.kname.edu.ua/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=89682>, вільний (дата звернення: 12.04.2025). – Назва з екрана.

18. Золотова Н. М. Сучасні матеріали та технології будівництва [Електрон. ресурс] : конспект лекцій для студентів денної форми навчання освітнього «бакалавр» зі спеціальності 191 – Архітектура та містобудування / Н. М. Золотова ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Електрон. текст. дані. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2020. – 135 с. – Режим доступу: <https://core.ac.uk/download/pdf/364905432.pdf>, вільний (дата звернення: 11.04.2025). – Назва з екрана.

19. Навчальний курс «Передові системи термомодернізації будівель і споруд» з професії «Монтажник систем утеплення будівель» [Електрон. ресурс] : навч. посіб. / Надія Іволжатова, Тетяна Дрімко, Тарас Холеван та ін. – Електрон. текст. дані. – Київ : Видавничий дім «Гельветика», 2020. – 116 с. – Режим доступу: <https://www.ltklntu.org.ua/wp-content/uploads/2023/12/Thermal-modernization-1.pdf>, вільний (дата звернення: 27.04.2025). – Назва з екрана.
20. Карапузов Є. К. Матеріали і технології в сучасному будівництві [Електрон. ресурс] : підручник / Є. К. Карапузов, О. І. Запорожець, О. С. Протоєрейський, Г. М. Франчук, І. М. Боровик. – Електрон. текст. дані. – Київ : Вища освіта, 2005. – 495 с. – Режим доступу: <http://www.e-catalog.name/x/x/x/>, вільний (дата звернення: 11.04.2025). – Назва з екрана.
21. Карапузов Є. К. Технологічні основи підвищення експлуатаційної ефективності систем гідроізоляції [Електрон. ресурс] : підручник / Є. К. Карапузов. – Електрон. текст. дані. – Київ : Вища освіта, 2013. – 304 с. – Режим доступу: http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?I21DBN=LINK&P21DBN=UJRN&Z21ID=&S21REF=10&S21CNR=20&S21STN=1&S21FMT=ASP_meta&C21COM=S&2_S21P03=FILA=&2_S21STR=bmvs_2012_45_18, вільний (дата звернення: 11.04.2025). – Назва з екрана.
22. Система скріпленої зовнішньої теплоізоляції будинків і споруд «CERESIT». Посібник з проектування, улаштування та експлуатації системи до ДБН В.2.6-33:2008 Конструкції зовнішніх стін з фасадною теплоізоляцією. Вимоги до проектування, улаштування та експлуатації [Електрон. ресурс] : посібник / Є. К. Карапузов, В. Г. Соха, А. Н. Величко, А. М. Лівінський, Б. С. Дамаскін, М. Ф. Друкований. – Електрон. текст. дані. – Київ : ТОВ «Інтегровані комунікації», 2013. – 246 с. Режим доступу: <https://ceresit-pro.ibud.ua/media/file/documents/14080472123-izolazia14.pdf>, вільний (дата звернення: 27.04.2025). – Назва з екрана.
23. Кодекс законів про працю України [Електрон. ресурс]. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/322-08#Text>, вільний (дата звернення: 15.04.2025). – Назва з екрана.
24. Кондращенко О. В. Будівельне матеріалознавство для сучасного будівництва [Електрон. ресурс] : навч. посіб. / О. В. Кондращенко ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Електрон. текст. дані. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. – 209 с. – Режим доступу: <https://eprints.kname.edu.ua/55304/>, вільний (дата звернення: 10.04.2025). – Назва з екрана.
25. Кондращенко О. В. Новітні опоряджувальні матеріали, вироби та конструкції [Електрон. ресурс] : навч. посіб. / О. В. Кондращенко, А. А. Жигло ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Електрон. текст. дані. – Харків : Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2016. – 99 с. – Режим доступу: <https://core.ac.uk/download/pdf/78067578.pdf>, вільний (дата звернення: 27.04.2025). – Назва з екрана.

26. Будівельне матеріалознавство [Електрон. ресурс] : підручник / П. В. Кривенко, К. К. Пушкарьова, В. Б. Барановський [та ін.]. – Електрон. текст. дані. – Київ : Ліра-К, 2012. – 624 с. – Режим доступу: <https://vpu7.com.ua/documents/e-library/bud-mat/kryvenko-budivselne-materialoznavstvo-2012.pdf>, вільний (дата звернення: 12.04.2025). – Назва з екрана.

27. Ластівка О. В. Порошкові лакофарбові матеріали для захисту будівельних виробів та конструкцій [Електрон. ресурс] : монографія / О. В. Ластівка, В. І. Гоц. – Електрон. текст. дані. – Київ : Ліра-К, 2022. – 350 с. – Режим доступу: <https://lacover.ua/wp-content/uploads/2024/05/poroshkovi-lakofarbovi-materiali-dlja-zahistu-budivselnih-virobiv-lacover.pdf>, вільний (дата звернення: 17.05.2025). – Назва з екрана.

28. Левченко О. Г. Охорона праці та цивільний захист [Електрон. ресурс] : підручник / За ред. О. Г. Левченка ; Київськ. політех. ін-т ім. Ігоря Сікорського. – Електрон. текст. дані. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 420 с. – Режим доступу: https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/26895/1/OP_ta_TsZ_pidruchnyk.pdf, вільний (дата звернення: 12.04.2025). – Назва з екрана.

29. Лівінський О. М. Опоряджувальні роботи : матеріали, технологія і організація робіт, засоби механізації [Електрон. ресурс] : підручник / О. М. Лівінський. – Електрон. текст. дані. – Київ, 2010. – 540 с. – Режим доступу: <http://kipt.com.ua/wp-content/uploads/2018/11/%D0%9E%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%8F%D0%B4%D0%B6%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%96-%D1%80%D0%BE%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%B8.pdf>, вільний (дата звернення: 27.04.2025). – Назва з екрана.

30. Ізоляційні роботи в будівництві [Електрон. ресурс] : навч. посіб. / О. М. Лівінський, І. Н. Дудар, В. І. Терновий [та ін.]. – Електрон. текст. дані. – Київ : 2010. – 206 с. – Режим доступу: <https://ir.lib.vntu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/10104/%D0%86%D0%B7%D0%BE%D0%BB%D1%8F%D1%86%D1%96%D0%B9%D0%BD%D1%96%20%D1%80%D0%BE%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%B8.pdf?sequence=1&isAllowed=y>, вільний (дата звернення: 27.04.2025). – Назва з екрана.

31. Технологія опоряджувальних робіт. Частина 6 [Електрон. ресурс] : навч. посіб. / О. М. Лівінський, М. Ф. Друкований, М. О. Лівінський., Т. В. Прилипко, Т. Е. Потапова ; Вінницьк. нац. техн. ун-т. – Електрон. текст. дані. – Вінниця : 2004. – 98 с. – Режим доступу: https://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/2024/LANZ/Livinskii_P6_2004_98.pdf, вільний (дата звернення: 27.04.2025). – Назва з екрана.

32. Лосик М. В. Технологічні та фізико-хімічні властивості скла [Електрон. ресурс] : навч. посіб. / М. В. Лосик, О. М. Звір ; Львівськ. нац. академ. мистецтв. – Електрон. текст. дані. – Львів : ЛНАМ, 2018. – 40 с. – Режим доступу: <https://lnam.edu.ua/files/Academy/faculty/dpm/glass/pdf/Alumni/%D0%A2%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%96%D1%87%D0%BD%D1%96-%D1%82%D0%B0-%D1%84%D1%96%D0%B7%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D1%85%D1%96%D0%BC%D1%96%D1%87%D0%BD%D1%96%D0%B2%D0%BB%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%96-%D1%81%D0%BA%D0%BB%D0%B0.pdf>, вільний (дата звернення: 15.04.2025). – Назва з екрана.

33. Передові композитні матеріали та супергідрофобні поверхні [Електрон. ресурс] : підруч. для здобувачів ступеня магістра за спец. 161 Хімічні технології та інженерія / О. В. Миронюк, Л. П. Черняк, Л. І. Мельник, Н. О. Дорогань, Д. В. Баклан. – Електрон. текст. дані. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024. – 229 с. – Режим доступу: <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/7101fe35-b008-4626-b9e9-04600faee391/content>, вільний (дата звернення: 27.04.2025). – Назва з екрана.

34. Назаренко І. І. Машина і устаткування підприємств будівельних матеріалів: конструкції та основи експлуатації [Електрон. ресурс] : підручник / І. І. Назаренко, О. В. Туманська. – Електрон. текст. дані. – Київ : Вища школа, 2004. – 590 с. – Режим доступу: <https://www.twirpx.com/file/129817/>, вільний (дата звернення: 12.04.2025). – Назва з екрана.

35. Новомлинець О. О. Будівельне матеріалознавство [Електрон. ресурс] : навч. посіб. для здобувачів вищої освіти спец. 192 – Будівництво та цивільна інженерія / О. О. Новомлинець, М. М. Корзаченко, А. І. Сергеев. – Електрон. текст. дані. – Чернігів : НУ «Чернігівська політехніка», 2021. – 420 с. – Режим доступу: https://ir.stu.cn.ua/jspui/bitstream/123456789/23274/1/%D0%91%D1%83%D0%B4%D1%96%D0%B2%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B5%20%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B5%D1%80%D1%96%D0%B0%D0%BB%D0%BE%D0%B7%D0%BD%D0%B0%D0%B2%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%BE_%D0%BC%D0%B0%D0%BA%D0%B5%D1%82.pdf, вільний (дата звернення: 10.04.2025). – Назва з екрана.

36. Осипенко В. І. Будівельні матеріали та їх поведінка при дії високих температур [Електрон. ресурс] : навч. посіб. / В. І. Осипенко, С. В. Поздєєв, І. Ю. Тищенко. – Електрон. текст. дані. – Черкаси, 2011. – 170 с. – Режим доступу: https://er.chdtu.edu.ua/bitstream/ChSTU/3381/1/Kon-LM_cor_ispr1-5.pdf, вільний (дата звернення: 10.05.2025). – Назва з екрана.

37. Павленко В. М. Сучасні екологічно чисті технології. Курс лекцій [Електрон. ресурс] : навч. посіб. для здобувачів ступеня доктора філософії спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія» / В. М. Павленко, В. Ю. Тобілко, А. І. Бондарева ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електрон. текст. дані. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 78 с. – Режим доступу: https://learn.ztu.edu.ua/pluginfile.php/356695/mod_resource/content/0/Suchasni%20ecolohichno%20chysti%20tekhnologii.pdf, вільний (дата звернення: 27.04.2025). – Назва з екрана.

38. Пащенко Т. М. Будівельне матеріалознавство [Електрон. ресурс] : навч. посіб. / Т. М. Пащенко, З. І. Світла. – Електрон. текст. дані. – Київ : Аграрна освіта, 2009. – 330 с. – Режим доступу: <https://lib.iitta.gov.ua/8791/1/%D0%91%D1%83%D0%B4%D1%96%D0%B2%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B5%20%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B5%D1%80%D1%96%D0%B0%D0%BB%D0%BE%D0%B7%D0%BD%D0%B0%D0%B2%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%BE.pdf>, вільний (дата звернення: 10.04.2025). – Назва з екрана.
39. Пінчевська О. О. Технологія сушіння і захисту деревини. Частина 1. [Електрон. ресурс] : навч. посіб. / О. О. Пінчевська, А. К. Спірочкін ; Нац. ун-т біоресурсів і природокорист. України. – Електрон. текст. дані. – Київ, 2021. – Ч.1. – 171 с. – Режим доступу: <https://dglip.nubip.edu.ua/server/api/core/bitstreams/0158e9a1-3f08-4a4d-a662-ba0e2b37348e/content>, вільний (дата звернення: 12.04.2025). – Назва з екрана.
40. Інноваційні технології у виробництві спеціального та побутового скла [Електрон. ресурс] : підручник для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія» спеціалізації «Хімічні технології неорганічних керамічних матеріалів» / М. М. Племянніков, А. П. Яценко, І. В. Пилипенко, Б. Ю. Корнілович ; Київськ. політех. ін-т ім. Ігоря Сікорського. – Електрон. текст. дані. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 298 с. – Режим доступу: <https://htks.kpi.ua/files/Books/Glass.pdf>, вільний (дата звернення: 15.04.2025). – Назва з екрана.
41. Погребна Н. Е. Будівельні та теплоізоляційні матеріали [Електрон. ресурс] : навч. посіб. / Н. Е. Погребна, Т. В. Котова ; Укр. держ. ун-т науки і технол. – Електрон. текст. дані. – Дніпро : НМетАУ, 2022. – 57 с. – Режим доступу: https://nmetau.edu.ua/file/pogrebna_kotova.pdf, вільний (дата звернення: 15.04.2025). – Назва з екрана.
42. Посібник з використання покрівельних матеріалів PROTAN. Версія: травень 2020 [Електрон. ресурс] : посібник. – Електрон. текст. дані. – Київ, 2020. – 104 с. – Режим доступу: file:///F:/%D0%97%D0%B0%D0%B3%D1%80%D1%83%D0%B7%D0%BA%D0%B8/posibnik_protan_2020_v2_ukrayinska_v2_stisnuto.pdf, вільний (дата звернення: 27.04.2025). – Назва з екрана.
43. Про охорону праці [Електрон. ресурс] // Відомості Верховної Ради України (ВВР). – 1992. – № 49. – Ст.668. – Електрон. текст. дані. – Київ, 1992. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12#Text>, вільний (дата звернення 20.04.2025). – Назва з екрана.
44. Основи виробництва стінових та оздоблювальних матеріалів [Електрон. ресурс] : підручник / Р. Ф. Рунова, Л. О. Шейніч, О. Г. Гелевера, В. І. Гоц ; Київськ. нац. ун-т будівн. та арх. – Електрон. текст. дані. – Київ : КНУБА, 2001. – 354 с. – Режим доступу: <https://1drv.ms/f/s!ArpUcwcY03N0iPZIrSd3RFSIRKtdRA?e=2xzNEu>, вільний (дата звернення: 12.04.2025). – Назва з екрана.

45. Савченко І. О. Промислові полімери. Основи технології виробництва полімерних матеріалів [Електрон. ресурс] : навч. посіб. до дисципліни та практикумів для студентів хімічного факультету / І. О. Савченко, В. Г. Сиромятніков. – Електрон. текст. дані. – Київ : Видавничо-поліграфічний центр Київський університет», 2012. – 112 с. Режим доступу: https://macrochem.knu.ua/pages/teaching/files/industrial_polymers.pdf, вільний (дата звернення: 27.04.2025). – Назва з екрана.
46. Саницький М. А. Енергозберігаючі технології в будівництві [Електрон. ресурс] : навч. посіб. / М. А. Саницький, О. Р. Позняк, У. Д. Марушак. – 2-ге вид., випр. – Електрон. текст. дані. – Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2013. – 236 с. – Режим доступу: http://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/2020/Sanitskij_2013_236.pdf, вільний (дата звернення: 27.04.2025). – Назва з екрана.
47. Сівко В. Й. Обладнання підприємств промисловості будівельних матеріалів і виробів [Електрон. ресурс] : навч. посіб. / В. Й. Сівко, В. А. Поляченко. – Електрон. текст. дані. – Київ : ТОВ «АВЕГА», 2004. – 280 с. – Режим доступу: <http://surl.li/mxdaf>, вільний (дата звернення: 14.04.2025). – Назва з екрана.
48. Технологічна карта «Система скріпленої теплоізоляції фасадів Baunit» [Електрон. ресурс]. – Електрон. текст. дані. – Київ, 2025. – 68 с. – Режим доступу: https://baunit.ua/files/ua/technical_documents/ULASHT_1.pdf, вільний (дата звернення: 21.04.2025). – Назва з екрана.
49. Ткаченко С. Й. Сушильні процеси та установки [Електрон. ресурс] : навч. посіб. / С. Й. Ткаченко, О. Ю. Співак ; Вінниц. нац. техн. ун-т. – Електрон. текст. дані. – Вінниця : ВНТУ, 2007. – 76 с. – Режим доступу: https://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/2024/LAN/Tkachenko_2009_76.pdf, вільний (дата звернення: 14.04.2025). – Назва з екрана.
50. Шуванов О. М. Технологічна карта на влаштування та ремонт покрівель з бітумно-полімерних наплавних рулонних матеріалів «Акваізол» та «Руберіт» [Електрон. ресурс] / Шуванов О. М., Адров А. О. – ТОВ «Завод покрівельних матеріалів «Акваізол». – Електрон. текст. дані. – Харків, 2021. – 84 с. – Режим доступу: <https://aquaizol.ua/system/storage/download/aa0d0f6a-f9f7-4a35-b7f8-5dc0f108eb1b.pdf>, вільний (дата звернення: 27.04.2025). – Назва з екрана.
51. Будівництво малоповерхових швидкопоруджуваних, енергозберігаючих житлових будинків із СІП-панелей [Електрон. ресурс] : навч. посіб. для здоб. професійної (професійно-технічної) освіти / Ципріянович І. В., Старченко О. Ю., Гулін Д. В., Клименко С. В. – Електрон. текст. дані. – Чернівці : Букрек, 2021. – 264 с. – Режим доступу: <https://lib.imzo.gov.ua/wa-data/public/site/books2/pidrucnyky-posibnyky-profosvita/Budivnytvo-2021.pdf>, вільний (дата звернення: 27.04.2025). – Назва з екрана.

52. Чернявська В. О. Основи безпечної праці [Електрон. ресурс] : навч. посіб. для здобувачів професійної (професійно-технічної) освіти / В. О. Чернявська, Н. Й. Дуброва. – Електрон. текст. дані. – Київ : ТОВ «ПРОПАПІР», 2023. – 240 с. – Режим доступу: [https://lib.imzo.gov.ua/wa-data/public/site/books2/posibnyky-prof-tech/PROPAPIR_Chernyavska_Osnovy_bezpechnii_praci_block_21.02.2023%20\(1\).pdf](https://lib.imzo.gov.ua/wa-data/public/site/books2/posibnyky-prof-tech/PROPAPIR_Chernyavska_Osnovy_bezpechnii_praci_block_21.02.2023%20(1).pdf), вільний (дата звернення: 14.04.2025). – Назва з екрана.

53. Посібник з проектування пласких дахів з застосуванням бітумних та полімерних мембран SWEETONDALE. Технічний опис. Вимоги до проектування, матеріалів, виробів та конструкції [Електрон. ресурс] : посібник / Г. Г. Фаренюк, О. Б. Олексієнко, М. В. Тимофєєв, К. Ю. Костєрев. – Електрон. текст. дані. – Київ : НТР ДП НДІБК, 2020. – 130 с. – Режим доступу: https://sweetondale.cz/upload/iblock/dc7/Posibnyk%20pokrivli_web.pdf, вільний (дата звернення: 27.04.2025). – Назва з екрана.

54. Шмаль О. Ф. Технологія опоряджувальних робіт та захист споруд [Електрон. ресурс] : конспект лекцій для студентів спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія освітньо-професійної програми Опорядження будівель і споруд та будівельний дизайн денної форми навчання / О. Ф. Шмаль. – Електрон. текст. дані. – Любешів : Любешівський технічний коледж Луцького НТУ, 2019. – 278 с. – Режим доступу: <https://www.ltklntu.org.ua/wp-content/uploads/2020/02/%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D1%81%D0%BF%D0%B5%D0%BA%D1%82-%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%86%D1%96%D0%B9-%D0%B7-%D0%A2%D0%9E%D0%A0-%D1%82%D0%B0-%D0%97%D0%A1-2019-2020-2020.pdf>, вільний (дата звернення: 27.04.2025). – Назва з екрана.

55. Якименко О. В. Опоряджувальні роботи в будівництві [Електрон. ресурс] : навч. посіб. / О. В. Якименко, А. А. Жигло ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекєтова. – Електрон. текст. дані. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекєтова. 2021. – 364 с. – Режим доступу: <http://eprints.kname.edu.ua/60590/1/2020%20%D0%BF%D0%B5%D1%87.%20%D0%9D%20%D0%9E%D1%82%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D0%BA%D0%B0.pdf>, вільний (дата звернення: 12.04.2025). – Назва з екрана.

56. Якименко О. В. Проектування підприємств з виробництва будівельної кераміки : конспект лекцій для студентів 6 курсу денної форми навчання освітньо-кваліфікаційного рівня «магістр-науковець» галузі знань 19 – Архітектура та будівництво, спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія [Електрон. ресурс] : конспект лекцій / О. В. Якименко ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекєтова. – Електрон. текст. дані. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекєтова. 2019. – 122 с. – Режим доступу: <https://core.ac.uk/download/pdf/199182757.pdf>, вільний (дата звернення: 27.04.2025). – Назва з екрана.

57. Яцишин Й. М. Технологія скла [Електрон. ресурс] : підруч. для студ. ВНЗ / Й. М. Яцишин. – Електрон. текст. дані. – Львів : Бєскід БІТ, 2004. – 250 с. – Режим доступу: <http://surl.li/mxdbg>, вільний (дата звернення: 14.04.2025). – Назва з екрана.

ДОДАТОК А
Приклад оформлення титульного аркуша

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

Навчально-науковий інститут Будівництва та цивільної інженерії
Кафедра матеріалознавства та інженерії композитних конструкцій

КУРСОВИЙ ПРОЄКТ

з навчальної дисципліни «Технологія стінових та оздоблювальних, ізоляційних
та покрівельних матеріалів і виробів»

на тему «Технологія виробництва теплоізоляційних виробів на основі
мінеральної вати із заданих компонентів.

Варіант № ____»

Студента (-ки) _____ курсу _____ групи
спеціальності G19 «Будівництво та цивільна
інженерія»

(прізвище та ініціали)

Керівник (-ця) _____

(посада, вчене звання, науковий ступінь,
прізвище та ініціали)

Національна шкала _____

Кількість балів: _____ Оцінка: ECTS _____

Члени комісії:

(підпис)

(прізвище та ініціали)

(підпис)

(прізвище та ініціали)

м. Харків – 20 ____ рік

ДОДАТОК Б
Зразок оформлення змісту розрахунково-пояснювальної записки

ЗМІСТ

Вступ	
1	Загальна характеристика, призначення і властивості мінеральної вати і виробів, виготовлених з неї.....
2	Сировина для виробництва мінеральної вати.....
3	Технологія виробництва мінеральної вати.....
4	Розрахунок складу шихти для виробництва мінеральної вати..
4.1	Вихідні дані для розрахунку складу шихти
4.2	Розрахунок складу шихти методом послідовного наближення
4.3	Розрахунок складу шихти методом складання і розв'язання системи алгебраїчних рівнянь
5	Розрахунок матеріального балансу для виробництва мінеральної вати
5.1	Обґрунтування стану вологості, технологічних і виробничих втрат сировини
5.2	Розрахунок матеріального балансу за масою для отримання 1 т мінеральної вати.....
6	Розрахунок складських приміщень для збереження вихідної сировини та готової продукції у мінераловатному виробництві.....
7	Контроль виробництва мінеральної вати і виробів, виготовлених із неї.....
7.1	Вхідний контроль сировини
7.2	Технологічний контроль виробництва
7.3	Контроль якості готової продукції
7.4	Пакування, транспортування, збереження продукції
	Список використаних джерел інформації

ДОДАТОК В

Потокова та підсумкова оцінки виконання курсового проєкту за Європейською кредитно-трансферною системою

Завдання для виконання курсового проєкту видається студентові на початку семестру. Період виконання розподіляється на три змістові модулі (табл. В.1). Розділи курсового проєкту виконуються протягом семестру як окремі змістові модулі.

Таблиця В.1 – Відповідність шкал оцінювання знань студента (національної та ECTS) за результатами виконання змістових модулів

Національна шкала	Шкала ECTS	Університетська шкала оцінювання модуля в балах						
		10	20	30	40	50	60	100
Відмінно	A	9–10	18–20	27–30	36–40	45–50	54–60	90–100
Добре	B	8–9	16–17	24–26	32–35	41–44	49–53	82–89
	C	6–7	14–15	22–23	30–31	37–40	44–48	74–81
Задовільно	D	4–5	12–13	19–21	26–29	32–36	38–43	64–73
	E	2–3	10–11	17–18	24–25	30–31	36–37	60–63
Незадовільно	Fx	1	7–9	10–16	14–23	17–29	21–35	35–59
	F	0	1–6	1–9	1–13	1–16	1–20	1–34

Курсовий проєкт є складовою частиною навчальної дисципліни «Технології стінових та оздоблювальних, ізоляційних та покрівельних матеріалів і виробів» і розглядається як окремий модуль, що оцінюється за 100-бальною системою згідно із внутрішньою шкалою оцінювання університету. Упродовж семестру оцінювання курсового проєкту здійснюється в рамках модульного контролю та враховується як окремий показник навчальної успішності студента (табл. В.2).

Оцінка за курсовий проєкт формується на основі результатів поточного контролю, поетапного виконання змістових модулів та публічного захисту роботи.

Для стимулювання систематичної та послідовної роботи над проєктом кожен змістовий модуль оцінюється окремо – як за національною шкалою, так і за шкалою ECTS. Під час визначення підсумкової оцінки враховується не лише якість виконання проєкту, а й ритмічність, дотримання термінів та самостійність виконання.

За результатами захисту курсового проєкту студент має можливість підвищити загальну оцінку на один рівень за шкалою ECTS (табл. В.2) у разі демонстрації високого рівня знань, аналітичного мислення та вміння обґрунтувати прийняті технічні рішення.

Таблиця В.2 – Відповідність оцінювання знань студента за шкалою національною та шкалою ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	За шкалою ECTS	За національною шкалою
90–100	A	відмінно
82–89	B	добре
74–81	C	
64–73	D	задовільно
60–63	E	
35–59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання
1–34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

Електронне навчальне видання

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

до виконання курсового проєкту
з навчальної дисципліни

**«ТЕХНОЛОГІЯ СТІНОВИХ ТА ОЗДОБЛЮВАЛЬНИХ, ІЗОЛЯЦІЙНИХ
ТА ПОКРІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ І ВИРОБІВ»**

Частина друга

*(для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти всіх форм
навчання зі спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія)*

Укладач **МАКАРЕНКО** Ольга Валеріївна

Відповідальний за випуск *А. В. Кондратьєв*

Редактор *О. А. Норик*

Комп'ютерне верстання *О. В. Макаренко*

План 2023, поз. 23М

Підп. до друку 26.05.2025. Формат 60 × 84/16.

Ум. друк. арк. 2,7.

Видавець і виготовлювач:

Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Черноглазівська (Маршала Бажанова), 17, Харків, 61002

Електронна адреса: office@kname.edu.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК № 5328 від 11.04.2017.