

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 87 / 1

ЗАТВЕРДЖЕНО

Науково-методичною радою
Державного університету
«Житомирська політехніка»
12 вересня 2024 р., протокол № 05

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ для проведення практичних занять з навчальної дисципліни «Контроль та оцінювання якості будівельних матеріалів»

для здобувачів вищої освіти освітнього ступеня «бакалавр»
спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія»
освітньо-професійна програма «Промислове та цивільне будівництво»
факультет гірничої справи, природокористування та будівництва
кафедра гірничих технологій та будівництва ім. проф. Бакка М.Т.

Рекомендовано на засіданні кафедри
гірничих технологій та будівництва
ім. проф. Бакка М.Т.
27 серпня 2024 р., протокол № 08

Розробники:

асистент кафедри гірничих технологій та будівництва
ім. проф. Бакка М.Т. ПІСКУН Ігор
старший викладач кафедри робототехніки, електроенергетики та автоматизації
ім. проф. Б.Б. Самокіна ПОКЛЯЧЕНКО Олександр
к.т.н., доц. кафедри гірничих технологій та будівництва
ім. проф. Бакка М.Т. БАЙДА Денис

Житомир
2024

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	<i>Випуск 1</i>	<i>Зміни 0</i>	<i>Екземпляр № 1</i>	<i>Арк 87 / 2</i>

УДК 691:006(07)

Методичні рекомендації для проведення практичних занять з навчальної дисципліни «Контроль та оцінювання якості будівельних матеріалів» для здобувачів вищої освіти освітнього ступеня «бакалавр» спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» освітньо-професійна програма «Промислове та цивільне будівництво».

Укладачі – асистент ПСКУН Ігор, старший викладач кафедри робототехніки, електроенергетики та автоматизації ім. проф. Б.Б. Самотока Покляченко Олександр, к.т.н., доц. БАЙДА Денис – Житомир: Державний університет «Житомирська політехніка», 2024. – 87 с.

Рецензенти:

д.геол.н., проф. кафедри гірничих технологій та будівництва ім. проф. Бакка М.Т. ПІДВИСОЦЬКИЙ Віктор
к.т.н., доц. кафедри маркшейдерії КОТЕНКО Володимир

Відповідальний за випуск: завідувач кафедрою гірничих технологій та будівництва ім. проф. Бакка М.Т. – к.т.н. БАШИНСЬКИЙ Сергій

Методичні рекомендації розроблені для здобувачів вищої освіти спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» освітнього ступеня «бакалавр» денної та заочної форм навчання і містять детальні вказівки для проведення практичних занять з навчальної дисципліни «Контроль та оцінювання якості будівельних матеріалів».

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 87 / 3

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
ЗМІСТ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ.....	5
Тема 1. Розгляд практичних випадків недотримання показників якості будівельної продукції.....	5
Теоретичні відомості.....	5
Практичне завдання	6
Питання для самоперевірки.....	10
Тема 2. Визначення показників якості будівельних матеріалів і виробів заводського виготовлення згідно з вимогами нормативних документів	11
Теоретичні відомості.....	11
Практичне завдання	14
Питання для самоперевірки.....	18
Тема 3. Метрологічні показники та вибір засобів вимірювання для безпосереднього визначення параметрів будівельних виробів і конструкцій.....	19
Теоретичні відомості.....	19
Практичне завдання	24
Питання для самоперевірки.....	25
Тема 4. Визначення точності вимірювань	27
Теоретичні відомості.....	27
Практичне завдання	28
Питання для самоперевірки.....	33
Тема 5. Складання програми випробувань будівельної продукції.....	34
Теоретичні відомості.....	34
Практичне завдання	38
Питання для самоперевірки.....	41
Тема 6. Контроль якості розмірів виробів та конструкцій.....	42
Теоретичні відомості.....	42
Практичне завдання	44
Питання для самоперевірки.....	53
Тема 7. Контроль якості ущільнення ґрунтів	55
Теоретичні відомості.....	55
Практичне завдання	58
Питання для самоперевірки.....	64
Тема 8. Контроль міцності бетону на стиск неруйнівними методами випробувань. 65	65
Теоретичні відомості.....	65
Практичне завдання	71
Питання для самоперевірки.....	75
Тема 9. Складання операційної схеми контролю якості	77
Теоретичні відомості.....	77
Практичне завдання	81
Питання для самоперевірки.....	86
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	87

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	<i>Випуск 1</i>	<i>Зміни 0</i>	<i>Екземпляр № 1</i>	<i>Арк 87 / 4</i>

ВСТУП

Сучасне будівництво є однією з найважливіших галузей народного господарства, яка суттєво впливає на економічний та соціальний розвиток суспільства. Одним із ключових аспектів забезпечення надійності, довговічності та безпечності будівельних конструкцій є контроль і оцінювання якості будівельних матеріалів. Дотримання нормативних вимог, використання сучасних методів випробувань та аналізу, а також вдосконалення технологій контролю якості є основою для запобігання можливим аваріям і руйнуванням.

Дана робота присвячена методичним підходам до проведення практичних занять з дисципліни «Контроль та оцінювання якості будівельних матеріалів». Основною метою є підвищення професійної підготовки здобувачів вищої освіти, їх ознайомлення з ключовими аспектами забезпечення якості, розуміння нормативної бази та освоєння методів аналізу та випробувань.

У вступі обґрунтовано актуальність теми, визначено її важливість для будівельної інженерії, а також окреслено основні завдання, що стоять перед студентами у процесі опанування матеріалу. Зокрема, акцент зроблено на формуванні відповідального ставлення до вибору матеріалів, контролю їх якості та впровадженні ефективних заходів для уникнення ризиків у будівництві.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 87 / 5

ЗМІСТ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

Тема 1. Розгляд практичних випадків недотримання показників якості будівельної продукції

Мета роботи. Формування у студентів розуміння важливості дотримання якісних та технічних вимог у будівництві через аналіз реальних випадків будівельних аварій, зумовлених порушенням норм і стандартів.

Теоретичні відомості

У сучасному будівництві якість будівельної продукції є одним із ключових факторів, що забезпечують безпеку, довговічність та ефективність експлуатації споруд. Відповідність встановленим нормативам і стандартам є запорукою уникнення техногенних катастроф, які можуть мати трагічні наслідки для життя людей, економіки та довкілля. Недотримання вимог до якості будівельних матеріалів, конструкцій та технологій виконання робіт часто стає причиною серйозних аварій і руйнувань. Аналіз таких випадків дозволяє зрозуміти основні ризики та фактори, які спричиняють подібні ситуації, а також визначити шляхи їх уникнення в майбутньому.

Якість у будівництві визначається сукупністю характеристик будівельних матеріалів, конструкцій та процесів, які відповідають вимогам проектної документації та нормативних актів. Основними параметрами є фізико-механічні властивості матеріалів, геометрична точність конструкцій, технологічні особливості виконання робіт, а також експлуатаційні показники, такі як стійкість до зовнішніх впливів і довговічність. Ці аспекти мають бути враховані на всіх етапах будівництва, починаючи від проєктування до експлуатації споруди.

Причини недотримання показників якості можна поділити на кілька категорій. Технічні причини включають проєктні помилки, такі як неправильні розрахунки навантажень, ігнорування специфіки ґрунтових умов або використання застарілих норм. Низька якість матеріалів, яка може бути наслідком фальсифікації сертифікатів чи застосування дефектної продукції, також є вагомим фактором. Технологічні порушення, як-от неправильне виконання бетонування чи зварювальних робіт, посилюють ризик руйнувань.

Організаційні проблеми, такі як недостатній технічний нагляд, слабкий контроль якості матеріалів та конструкцій або низька кваліфікація персоналу, також сприяють зниженню якості. Прискорення темпів будівництва без належного обґрунтування чи економія на матеріалах часто призводять до критичних помилок, які стають очевидними лише після введення споруди в експлуатацію. Експлуатаційні фактори, зокрема неналежне технічне обслуговування чи перевищення допустимих навантажень, також можуть викликати серйозні аварії.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 87 / 6

Недотримання вимог якості будівельної продукції має значні наслідки. Серед них — повне або часткове руйнування конструкцій, загибель та травмування людей, економічні втрати через компенсації та ліквідацію наслідків, а також погіршення репутації підрядників і замовників. Екологічні наслідки таких аварій, як-от забруднення довкілля через руйнування промислових об'єктів, також можуть бути значними.

Для аналізу будівельних аварій використовуються системний підхід і методи порівняння з нормативними вимогами. Вивчення етапів проектування, вибору матеріалів, виконання робіт та експлуатації дозволяє виявити причини проблем. Залучення історичних даних про схожі випадки допомагає ідентифікувати повторювані помилки. Моделювання та експертна оцінка дозволяють глибше зрозуміти технічні й організаційні аспекти аварій.

Нормативна база для оцінки якості в будівництві включає державні будівельні норми (ДБН), державні стандарти України (ДСТУ), міжнародні стандарти, такі як Єврокоди (EN) і стандарти ISO. Ці документи визначають вимоги до проектування, виконання робіт і використання матеріалів, що забезпечують безпечність та надійність будівель.

Запобігання будівельним аваріям можливе завдяки комплексному підходу, що включає покращення контролю якості, навчання персоналу, використання сучасних і якісних матеріалів, актуалізацію проектної документації та ефективне управління проектами. Регулярні перевірки, впровадження незалежного технічного нагляду та дотримання графіків робіт сприяють зменшенню ризиків аварій.

Таким чином, аналіз реальних випадків аварій у будівництві є важливим інструментом для підготовки фахівців галузі. Він допомагає розуміти причини та наслідки недотримання показників якості, а також формує відповідальне ставлення до роботи на всіх етапах будівельного процесу.

Практичне завдання

Ознайомитися з випадками будівельних аварій, спричинених недотриманням необхідних показників якості (порушення ДБН, невідповідність матеріалів проектним вимогам тощо).

Проаналізувати причини настання аварій, зокрема прорахунки на етапах проектування, постачання матеріалів, монтажу та експлуатації.

Визначити, які саме вимоги нормативних документів були проігноровані чи порушені.

Розробити практичні рекомендації щодо запобігання подібним аваріям у майбутньому.

Підготувати звіт та/або презентацію результатів дослідження.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 87 / 7

Порядок виконання завдання

Вибір об'єкта для аналізу та збір інформації про нього

Із запропонованого переліку обрати випадок будівельної аварії.

Виконати пошук загальних відомостей: дата та місце аварії, тип будівлі/споруди, етап будівництва/експлуатації, на якому сталася проблема. Відобразити результати аналізу наявних офіційних висновків розслідування. Визначити нормативні документи (ДБН, ДСТУ, EN, ISO чи ін.), які регулюють якість робіт та матеріалів для об'єкту такого типу.

Аналіз технічних та організаційних причин аварії

Виявити, які елементи конструкції виявилися найслабшими або були виготовлені/змонтовані з порушеннями. З'ясувати, чи були належно перевірені якісні характеристики матеріалів. Оцінити, чи відповідали реальні параметри проєктним вимогам (глибина закладення фундаменту, перерізи й марки матеріалів, технологія виконання робіт тощо). Проаналізувати, на якому етапі відбулися ключові порушення (проєктування, погодження документації, закупівля матеріалів, зберігання, монтажні роботи, експлуатація).

Порівняння з нормативною базою

Детально порівняти знайдені факти порушень з вимогами чинних ДБН/ДСТУ/Єврокодів. Визначити, які саме статті/розділи було порушено, та яку загрозу це створило для надійності конструкції. Оцінити, чи могла бути вчасно виявлена проблема за умов коректного контролю якості, проведення авторського та технічного нагляду.

Формулювання практичних висновків і рекомендацій

На основі аналізу аварії визначити профілактичні заходи, які дозволили б уникнути подібних ситуацій (поліпшення системи контролю, кваліфікації виконавців, дотримання технології, врахування екологічних та ґрунтових умов).

Підготовка звіту та презентація

За результатами проведеної роботи підготувати короткий (5–10 сторінок) звіт, або презентацію (10–15 слайдів), де стисло викласти основну інформацію та результати роботи.

Перелік відомих випадків будівельних аварій

1. Обвал мосту Квебек
 - Будівля: Міст Квебек, Канада
 - Рік: 1907
 - Наслідки: Загинуло 75 осіб, повна руйнація мосту через прорахунки в конструкції.
2. Обвал дамби Сент-Френсіс
 - Будівля: Дамба Сент-Френсіс, США
 - Рік: 1928
 - Наслідки: Загинуло понад 450 осіб, масштабні повені.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 87 / 8

3. Пожежа в соборі Нотр-Дам
 - Будівля: Нотр-Дам, Франція
 - Рік: 2019
 - Наслідки: Значні пошкодження культурної пам'ятки через недотримання вимог пожежної безпеки.
4. Обвал готелю "Рояль Плаза"
 - Будівля: Готель "Рояль Плаза", Таїланд
 - Рік: 1993
 - Наслідки: Загинуло 137 осіб, обвал будівлі через неправильне збільшення поверхів.
5. Катастрофа "Скайлайн Тауер"
 - Будівля: Вежа "Скайлайн", США
 - Рік: 1981
 - Наслідки: Загинуло 114 осіб через недоліки в конструкції пішохідних переходів.
6. Обвал мосту Тей
 - Будівля: Міст Тей, Шотландія
 - Рік: 1879
 - Наслідки: Загинуло 75 осіб, обвал через сильний вітер і помилки в конструкції.
7. Обвал вежі Савар
 - Будівля: Вежа "Савар", Бангладеш
 - Рік: 2013
 - Наслідки: Загинуло понад 1130 осіб через порушення техніки безпеки.
8. Обвал мосту Моранді
 - Будівля: Міст Моранді, Італія
 - Рік: 2018
 - Наслідки: Загинуло 43 особи, руйнування через знос і відсутність належного техобслуговування.
9. Обвал Лондонського мосту
 - Будівля: Лондонський міст, Велика Британія
 - Рік: 1831
 - Наслідки: Обвал через перевантаження конструкції.
10. Обвал трибуни у Глазго
 - Будівля: Трибуна стадіону, Шотландія
 - Рік: 1971
 - Наслідки: Загинуло 66 осіб через помилки в проектуванні.
11. Обвал опори "Галісіанської дамби"
 - Будівля: Дамба, Іспанія
 - Рік: 1963
 - Наслідки: Загинуло 144 осіб через погану якість бетону.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 87 / 9

12. Обвал будівлі у Харкові
 - Будівля: Житловий будинок, Україна
 - Рік: 2005
 - Наслідки: Загинуло 15 осіб через газовий вибух та слабку конструкцію.
13. Обвал торгового центру "Максима"
 - Будівля: ТЦ "Максима", Латвія
 - Рік: 2013
 - Наслідки: Загинуло 54 осіб через помилки в конструкції даху.
14. Пожежа у Grenfell Tower
 - Будівля: Житлова вежа, Велика Британія
 - Рік: 2017
 - Наслідки: Загинуло 72 осіб через використання горючих матеріалів.
15. Обвал дамби Брумадіньо
 - Будівля: Дамба, Бразилія
 - Рік: 2019
 - Наслідки: Загинуло 270 осіб, масштабна екологічна катастрофа.
16. Обвал вежі Пізи (частковий)
 - Будівля: Вежа Піза, Італія
 - Рік: 1990
 - Наслідки: Реконструкція після тріщин, що могли призвести до обвалу.
17. Обвал стадіону в Кейптауні
 - Будівля: Стадіон, ПАР
 - Рік: 2009
 - Наслідки: Загинуло 2 особи через прорахунки в монтажі.
18. Обвал школи у Бейсвані
 - Будівля: Школа, Китай
 - Рік: 2008
 - Наслідки: Загинуло понад 500 дітей через землетрус і низьку якість будівельних матеріалів.
19. Обвал бізнес-центру в Сеулі
 - Будівля: Центр Samroong, Південна Корея
 - Рік: 1995
 - Наслідки: Загинуло 502 особи через недотримання норм.
20. Падіння телевізійної вежі "Варшава"
 - Будівля: Телевежа, Польща
 - Рік: 1991
 - Наслідки: Повна руйнація через сильний вітер.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 87 / 10

Питання для самоперевірки

1. Що таке якість будівельної продукції, і чому вона є важливою в будівництві?
2. Які основні аспекти визначають якість будівельних матеріалів?
3. Які основні параметри враховуються при оцінці якості будівельних матеріалів?
4. Які нормативні документи регулюють вимоги до якості будівельних матеріалів в Україні?
5. Що таке фізико-механічні властивості матеріалів, і чому вони важливі?
6. Які приклади будівельних аварій, спричинених порушенням норм і стандартів, ви можете навести?
7. Які основні технічні причини будівельних аварій?
8. Яким чином організаційні проблеми можуть впливати на якість будівельної продукції?
9. Як перевищення допустимих навантажень впливає на надійність будівельних конструкцій?
10. Чому контроль якості є важливим на всіх етапах будівельного процесу?
11. Які сучасні методи використовуються для аналізу будівельних аварій?
12. Як нормативні вимоги допомагають уникати техногенних катастроф?
13. Чому технічний нагляд і контроль матеріалів є ключовими у запобіганні будівельним аваріям?
14. Які методи моделювання використовуються для оцінки ризиків будівельних аварій?
15. Що таке системний підхід до аналізу причин будівельних аварій, і як його застосовують?
16. Як впливають економічні фактори, такі як економія на матеріалах, на якість будівництва?
17. Які заходи необхідно вжити для запобігання повторюваним помилкам у будівництві?
18. Як впровадження незалежного технічного нагляду сприяє підвищенню якості будівництва?
19. Які екологічні наслідки можуть бути спричинені будівельними аваріями?
20. Як реальний аналіз будівельних аварій може сприяти професійному розвитку майбутніх інженерів?

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 87 / 11

Тема 2. Визначення показників якості будівельних матеріалів і виробів заводського виготовлення згідно з вимогами нормативних документів

Мета роботи. Ознайомитися з основними нормативними документами, що регламентують вимоги до якості будівельних матеріалів і виробів заводського виготовлення.

Теоретичні відомості

Визначення показників якості будівельних матеріалів і виробів заводського виготовлення є ключовим етапом у забезпеченні надійності та довговічності будівельних конструкцій. Для цього використовуються нормативні документи, що регламентують вимоги до характеристик матеріалів та методів їх випробувань. Ці вимоги визначаються з урахуванням фізичних, механічних, теплофізичних, хімічних та інших властивостей матеріалів, які впливають на їх експлуатаційні показники.

Будівельні матеріали характеризуються різними групами показників якості, які включають фізико-механічні, теплофізичні, хімічні та технологічні властивості. До фізико-механічних характеристик відносяться міцність на стиск, вигин, розтяг, щільність та стиранність. Теплофізичні показники охоплюють теплопровідність і теплоємність, які визначають енергоефективність будівель. Хімічні властивості, такі як стійкість до агресивних середовищ і горючість, є важливими для матеріалів, що застосовуються в умовах підвищеного хімічного впливу. Крім того, технологічні властивості, такі як морозостійкість, водопоглинання та лещадність (для щебеню), забезпечують довговічність і надійність матеріалів у процесі їх експлуатації.

Для оцінки якості будівельних матеріалів використовуються сучасні методи випробувань, які проводяться із застосуванням спеціального обладнання. Наприклад, міцність матеріалу на стиск або вигин визначається за допомогою випробувальних пресів. Водопоглинання матеріалів оцінюється за допомогою сушильної шафи, що дозволяє виміряти масу зразків до і після їх занурення у воду. Теплопровідність матеріалів перевіряється за допомогою теплофізичних стендів, які імітують умови експлуатації. Морозостійкість визначається за допомогою кліматичних камер, які забезпечують циклічне заморожування і відтаювання матеріалу. Для оцінки стиранності застосовуються спеціальні пристрої, які моделюють абразивний вплив.

Результати випробувань матеріалів порівнюються з нормованими значеннями, встановленими у відповідних стандартах. Це дозволяє оцінити відповідність матеріалів нормативним вимогам. Для цього створюється порівняльна таблиця, в якій зазначаються нормовані та реальні значення показників, а також обчислюються відхилення у відсотках або інших показниках, таких як фактичний запас міцності.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 87 / 12

У разі виявлення відхилень від нормативних показників проводиться аналіз можливих причин, таких як низька якість сировини, порушення технологічного процесу, неналежні умови транспортування та зберігання, або ж недоліки в обладнанні. В результаті розробляються рекомендації для покращення якості, які можуть включати корекцію складу сировини, зміну технології виготовлення, посилення контролю температурно-вологісних режимів або впровадження додаткових етапів тестування.

Визначення якості будівельних матеріалів базується на використанні сучасного лабораторного обладнання, яке дозволяє забезпечити високу точність, достовірність та повторюваність результатів. Опис основних методів і приладів для визначення ключових характеристик матеріалів:

Міцність на стиск і вигин. Для визначення цих характеристик застосовують гідравлічні або електромеханічні преси. Такі прилади дозволяють навантажувати зразок рівномірно до його руйнування. Під час випробувань автоматично фіксується максимальна сила, необхідна для руйнування матеріалу, та формується звіт із результатами.

Водопоглинання. Зразки висушуються в сушильній шафі до постійної маси при температурі, встановленій стандартами (зазвичай 105–110°C). Потім їх занурюють у воду на визначений час. Різниця у масі до і після занурення дозволяє обчислити рівень водопоглинання.

Теплопровідність. Для визначення теплопровідності використовуються спеціальні теплопровідні стенди. Ці прилади моделюють умови експлуатації матеріалу, контролюючи потік тепла через зразок і вимірюючи різницю температур на його поверхнях. Вимірювання здійснюються відповідно до методу встановленого теплового потоку.

Морозостійкість. Оцінка морозостійкості проводиться за допомогою кліматичних камер, які імітують циклічне заморожування й відтаювання матеріалів. Випробування включають повторювані цикли заморожування при температурі -18°C та відтаювання у воді або повітрі. Критерієм оцінки є зниження міцності або поява дефектів після встановленої кількості циклів.

Стійкість до стирання. Для цього застосовуються абразиметри, які моделюють вплив абразивного матеріалу на поверхню зразка. Прилад вимірює втрату маси зразка після визначеної кількості циклів стирання.

Хімічна стійкість. Зразки піддаються дії агресивних середовищ у реакторах із контрольованим середовищем або у камерах соляного туману. Останні використовуються для імітації впливу корозійних факторів, таких як волога, солі та хімічні речовини.

Щільність і пористість. Щільність матеріалів вимірюється за допомогою пікнометрів або методом занурення у рідину. Пористість обчислюється шляхом порівняння щільності зразка зі щільністю теоретично непористого матеріалу. Такі випробування дозволяють оцінити ступінь заповнення об'єму матеріалу порожнинами.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 87 / 13

Комплексне застосування вищезазначених методів дозволяє всебічно оцінити якість будівельних матеріалів. Такі випробування є необхідними не тільки для контролю якості продукції, але й для вдосконалення технологічних процесів її виготовлення. Кожен метод має свою специфіку і забезпечує точність визначення окремих характеристик. Комплексне застосування цих методів дозволяє всебічно оцінити якість будівельних матеріалів і виявити можливі недоліки у їх виробництві чи зберіганні.

Система нормативних документів, що регулює якість будівельних матеріалів в Україні, є багаторівневою інтегрованою структурою, яка включає міжнародні, європейські, національні та галузеві стандарти. Основним фундаментом цієї системи є Державні стандарти України (ДСТУ), які встановлюють вимоги до технічних характеристик будівельних матеріалів, процедур їх випробувань, правил маркування, транспортування і зберігання. Ці стандарти створюють основу для забезпечення надійності, довговічності та безпечності будівельних матеріалів у процесі експлуатації.

Важливим компонентом є Будівельні норми і правила, які надають нормативні положення щодо застосування матеріалів у різних умовах будівництва. Ці документи враховують специфіку експлуатаційних умов і є обов'язковими для виконання в процесі проектування, будівництва та експлуатації об'єктів. В Україні також активно впроваджуються міжнародні стандарти ISO, що забезпечують уніфікацію методів контролю якості на глобальному рівні. Європейські норми (EN), адаптовані до українських умов, сприяють гармонізації національних вимог із сучасними європейськими практиками, що є важливим кроком у розвитку інтеграції до європейського ринку.

Технічні умови (ТУ). Це документи, які детально описують специфічні вимоги до фізико-механічних, теплофізичних, хімічних та інших характеристик будівельних матеріалів. ТУ також включають положення про допустимі відхилення параметрів, способи контролю, рекомендації щодо використання, а також умови транспортування та зберігання продукції.

Методи випробувань. Описуються стандартизовані процедури, що дозволяють отримувати достовірні, точні та повторювані результати оцінки якості матеріалів. Наприклад, методи визначення морозостійкості включають багатоциклове заморожування та відтаювання зразків із вимірюванням втрати міцності, а тестування стираності виконується за допомогою абразиметрів.

Інструкції з використання. Ці документи містять детальні вказівки щодо умов експлуатації матеріалів у різних кліматичних, фізичних і хімічних середовищах. Інструкції забезпечують адаптацію матеріалів до специфічних умов будівництва, таких як температурні коливання, вологість, вплив ультрафіолетового випромінювання тощо.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 87 / 14

Окрему увагу приділяють галузевим стандартам, які регламентують характеристики специфічних типів матеріалів, наприклад, арматури, теплоізоляційних плит, бетону та покрівельних матеріалів. Ці стандарти враховують технічні, технологічні та експлуатаційні вимоги, які є критично важливими для конкретних застосувань.

Розвиток системи нормативних документів є постійним і динамічним процесом. З огляду на інновації у виробництві матеріалів, інтеграцію з міжнародними практиками та впровадження новітніх технологій контролю якості, українська нормативна база регулярно оновлюється. Це забезпечує не лише підвищення надійності будівельних конструкцій, але й сприяє конкурентоспроможності вітчизняних будівельних матеріалів на міжнародному ринку. Дотримання нормативів є обов'язковою умовою для сертифікації матеріалів, що гарантує їх безпечність, ефективність і довговічність.

Практичне завдання

Завдання 1

Довільно вибрати будівельний виріб (наприклад, залізобетонну панель, керамічну цеглу, газобетонний блок, металевий профіль, теплоізоляційну плиту тощо).

Обґрунтувати вибір з точки зору актуальності застосування в сучасному будівництві (переваги, недоліки, сфери застосування).

Скласти перелік характеристик (фізико-механічні, теплофізичні, хімічні тощо), які регламентуються нормативними документами для обраного матеріалу (виробу).

Описати методи випробувань: коротко вказати устаткування або технології, які застосовуються для визначення кожного з показників якості (наприклад, прес для визначення міцності, сушильна шафа для визначення водопоглинання тощо).

Завдання 2

Відповідно до вихідних даних проаналізувати показники якості заданого виробу.

1. Побудувати порівняльну таблицю, в якій зазначити:

- нормовані значення показників згідно з чинними стандартами;
- реальні (паспортні або експериментальні) значення – відомості вказані у вихідних даних до виконання завдання;
- відхилення (у %, відносну похибку, фактичний запас міцності чи інший потрібний показник).

2. Виконання аналізу відповідності

- зробити висновки щодо відповідності (або невідповідності) реальних характеристик матеріалу (виробу) встановленим вимогам;

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 87 / 15

- проаналізувати причини можливих відхилень (технологічні фактори, сировина, умови транспортування та зберігання, точність обладнання тощо);
- запропонувати рекомендації щодо покращення якості (наприклад, корекція складу сировини, зміна технології виготовлення, контроль температурно-вологісних режимів, додаткове тестування тощо).

3. Рекомендації та презентація результатів

- підготувати коротку письмову аналітичну довідку (3–5 сторінок), у якій узагальнити результати дослідження та сформулювати висновки;
- оформити результати у вигляді презентації (10–15 слайдів), де наочно продемонструвати нормативні показники, реальні результати та рекомендації.

Вихідні дані до виконання завдання 2

Варіант 1

Матеріал: Керамічна цегла

Міцність: 10 МПа

Водопоглинання: 8%

Морозостійкість: 35 циклів

Варіант 2

Матеріал: Газобетонний блок

Щільність: 500 кг/м³

Теплопровідність: 0.12 Вт/м·К

Міцність: 3.5 МПа

Варіант 3

Матеріал: Теплоізоляційна мінеральна плита

Щільність: 100 кг/м³

Теплопровідність: 0.038 Вт/м·К

Горючість: не горючий

Варіант 4

Матеріал: Асфальтобетон

Міцність: 2.8 МПа

Водонасичення: 4.5%

Стиранність: 0.3 г/см²

Варіант 5

Матеріал: Металевий профіль (оцинкований)

Товщина шару цинку: 20 мкм

Міцність: 320 МПа

Корозійна стійкість: не менше 250 годин у соляному тумані

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 87 / 16

Варіант 6

Матеріал: Арматура А500С

Міцність: 520 МПа

Відносне видовження: 8%

Жорсткість: 12 ГПа

Варіант 7

Матеріал: ПВХ-вікно (склопакет)

Теплопровідність: 1.1 Вт/м²·К

Звукоізоляція: 32 дБ

Герметичність: клас А

Варіант 8

Матеріал: Фібробетон

Міцність на згин: 5 МПа

Тріщиностійкість: 2.1 мм

Водопоглинання: 6%

Варіант 9

Матеріал: Бітумна черепиця

Гнучкість: витримує згинання при -15°C

Міцність: 350 Н

Водопроникність: 0%

Варіант 10

Матеріал: Ламінований ДСП

Щільність: 720 кг/м³

Вологість: 8%

Клас емісії: E1

Варіант 11

Матеріал: Залізобетонна плита перекриття

Міцність бетону: М50

Армування: Ø12 мм, крок 200 мм

Морозостійкість: F200

Варіант 12

Матеріал: Полімерні труби для водопостачання

Товщина стінки: 3.2 мм

Робочий тиск: 10 бар

Хімічна стійкість: витримує 5% розчин кислоти

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 87 / 17

Варіант 13

Матеріал: Керамічна плитка

Міцність на вигин: 25 МПа

Водопоглинання: 2%

Клас зносостійкості: PEI IV

Варіант 14

Матеріал: Вапняковий щебінь

Міцність: марка М800

Лещадність: 18%

Морозостійкість: F50

Варіант 15

Матеріал: Гіпсокартон

Товщина: 12.5 мм

Межа міцності на вигин: 5.5 МПа

Вологопоглинання: 8%

Варіант 16

Матеріал: Скловолоконна арматура

Міцність на розтяг: 1100 МПа

Модуль пружності: 55 ГПа

Хімічна стійкість: витримує лужне середовище

Варіант 17

Матеріал: Дерев'яні клеєні балки

Міцність на вигин: 35 МПа

Вологість: 12%

Клас деревини: С24

Варіант 18

Матеріал: Полікарбонатний лист

Товщина: 10 мм

Світлопропускання: 80%

Ударна міцність: 12 кДж/м²

Варіант 19

Матеріал: Клінкерна цегла

Міцність на стиск: 40 МПа

Водопоглинання: 3%

Морозостійкість: F300

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 87 / 18

Варіант 20

Матеріал: Фібробетон

Міцність на згин: 7 МПа

Тріщиностійкість: 2.3 мм

Водопоглинання: 5%

Питання для самоперевірки

1. Що таке показники якості будівельних матеріалів, і які їх основні групи?
2. Які фізико-механічні характеристики будівельних матеріалів є ключовими для їхньої оцінки?
3. Як теплофізичні показники будівельних матеріалів впливають на їх експлуатаційні властивості?
4. Що означають поняття "міцність на стиск" і "міцність на вигин"?
5. Які методи випробувань використовуються для визначення морозостійкості матеріалів?
6. Як визначається водопоглинання будівельних матеріалів у лабораторних умовах?
7. Що таке хімічна стійкість матеріалів, і як вона перевіряється?
8. Якими показниками характеризуються теплоізоляційні властивості будівельних матеріалів?
9. Як класифікуються будівельні матеріали за стійкістю до зовнішніх впливів?
10. Які нормативні документи регламентують вимоги до якості будівельних матеріалів в Україні?
11. Що таке ДСТУ, і яку роль вони відіграють у контролі якості матеріалів?
12. Які міжнародні стандарти найчастіше застосовуються у будівництві?
13. Що таке технічні умови (ТУ), і як вони допомагають регулювати якість матеріалів?
14. Як за допомогою сучасного обладнання визначають щільність матеріалів?
15. Що таке стиранність матеріалів, і які методи використовуються для її оцінки?
16. Яким чином виконуються випробування на теплопровідність будівельних матеріалів?
17. Що таке стандартні методи випробувань, і чому вони важливі?
18. Як проводиться порівняння результатів випробувань з нормативними вимогами?
19. Що таке нормативна база Єврокодів, і як вона інтегрується у будівельну практику?
20. Яким чином лабораторні випробування допомагають покращувати технології виробництва матеріалів?

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 87 / 19

Тема 3. Метрологічні показники та вибір засобів вимірювання для безпосереднього визначення параметрів будівельних виробів і конструкцій

Мета роботи. Ознайомитися з основними метрологічними показниками (точність, повторюваність, відтворюваність, межі допустимих похибок тощо). Навчитися обґрунтовувати вибір відповідних засобів вимірювання для визначення технічних параметрів будівельних матеріалів, виробів і конструкцій безпосередньо на будівельному майданчику або у виробничих умовах.

Теоретичні відомості

Управління і контроль є основою будь-якого виробничого процесу – при створенні проекту будівлі або споруди, при виготовленні конструкції на заводі, у процесі будівництва й експлуатації. Для цього необхідно створити модель реального процесу, тобто виділити основні фактори, що впливають на результат і встановити їх взаємозв'язок. Наступною операцією в процесі управління буде вимірювання цих факторів і аналіз отриманої інформації.

Фізична величина (ФВ) – це властивість, яка загальна в якісному відношенні для багатьох фізичних об'єктів, однак у кількісному відношенні індивідуальна для кожного об'єкту. ФВ є основним видом вимірюваних величин. Приклад ФВ – довжина, яка є властивістю реально існуючого простору і вказує на довжину або час, що характеризує властивість реальних об'єктів мати тривалість.

Для опису навколишнього світу використовується багато фізичних величин, які утворюють систему фізичних величин, що виявляє собою сукупність ФВ, пов'язаних між собою залежностями. У залежності від місця, що займають фізичні 23 величини в системі, вони поділяються на основні і похідні. Основна фізична величина – це величина, що входить у систему й умовно приймається в якості незалежної від інших величин цієї системи, наприклад, у механіці основними величинами є маса – m , час – t , довжина – l . Похідна фізична величина – це величина, що входить у систему і визначається через основні величини цієї системи.

Розмірність – якісна характеристика ФВ. Розмірність записується у вигляді виразу. Види виразів відрізняються для основних і похідних величин. Безрозмірною фізичною величиною є величина, у розмірність якої основні фізичні величини входять у ступені, рівному 0.

Розмір ФВ – кількісний вміст у даному об'єкті особливостей, які відповідають ФВ. Таким чином, розмір – абстрактна характеристика, що говорить тільки про наявність деякої кількості, але не вказує, про яку саме кількість йде мова. Конкретизацією поняття «розмір ФВ» є поняття "значення ФВ".

Значення ФВ – оцінка ФВ у вигляді визначеної кількості прийнятих для неї одиниць, наприклад, 10 кг – значення маси тіла, де 10 – числове значення. Тому

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 87 / 20

значення залежить від вибору одиниці фізичної величини і змінюється в залежності від цього вибору.

Істинне значення ФВ – це кількість даної особливості, що обумовлюється фізичною величиною і яка існує в природі. Через об'єктивну властивість вимірів відбивати кількість. ФВ тільки приблизна, з більшою чи меншою точністю, пряме значення практично недосяжне, тому при вимірюваннях намагаються визначити дійсне значення ФВ.

Відповідно до визначення, дійсне значення ФВ – це значення, визначене експериментальним шляхом і настільки наближене до істинного значення, що при вимірах використовується замість нього.

При проведенні вимірювань необхідно виразити результат вимірювання у вигляді числового значення. Для цього перед вимірюванням варто визначити, у яких одиницях воно буде зроблене.

Одиниця ФВ – це фізична величина фіксованого розміру, якій умовно присвоєне значення одиниці, і застосовується для кількісного вираження однорідних фізичних величин.

Система одиниць фізичних величин – сукупність основних і похідних одиниць ФВ, утворена відповідно до прийнятих принципів для заданої системи ФВ. Основні і похідні одиниці відповідають обраним у даній системі основним і похідним ФВ. Вибір одиниць ФВ має важливе значення, оскільки при їх вільному виборі результати вимірювання є непорівнянними, тобто порушується єдність вимірів. Забезпечення єдності вимірів є однією з основних задач метрології, тому одиниці вимірювання встановлюються за визначеними правилами і закріплюються законодавчим шляхом на рівні держави і міждержавних угод. Законодавча основа метрології відрізняє її від інших природничих наук і спрямована на прийняття єдиних рішень в області, що не залежить від об'єктивних закономірностей, а приймається за згодою.

Основними одиницями в системі засобів вимірювання, прийнятій в жовтні 1969 р. XI Генеральною конференцією, є: метр, кілограм, секунда, ампер, кельвін, кандела (сила світла), моль (кількість речовини); додатковими одиницями: радіан (плоский кут), стерадіан – одиниця тілесного кута.

Похідних ФВ набагато більше, ніж основних. Похідні одиниці називаються по-своєму і виражаються через основні одиниці (наприклад, сила – «ньютон» – $\text{м} \cdot \text{кг} / \text{с}^2$, тиск – «паскаль» – $\text{Н} / \text{м}^2$). У кожній області науки і техніки використовується свій обмежений набір похідних одиниць.

Власне під поняттям вимірювання розуміють знаходження значення ФВ дослідницьким шляхом за допомогою спеціальних технічних пристосувань. Вимірювання – одне з центральних понять метрології, котре розглядає умови, методи і способи виконання вимірювань для забезпечення їх єдності. З цією метою в метрології розроблені загальні питання теорії вимірів, що розглядаються в даному підрозділі. Вимірювання ФВ включає сукупність операцій із застосування технічного засобу (приладу), що зберігає одиницю або відображає

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 87 / 21

шкалу ФВ. Ці операції полягають у порівнянні вимірюваної величини з її одиницею або шкалою з метою одержання значення цієї величини в зручній для використання формі.

Прямий вимір – вимір, при якому шукане значення фізичної величини знаходять безпосередньо з дослідницьких даних (вимірення температури, довжини). Рівняння прямого виміру має вид:

$$A = c \cdot x,$$

де A – значення вимірюваної величини в прийнятих для неї одиницях виміру;

c – ціна поділки шкали;

x – відлік по індикаторному пристрою в поділках шкали.

Пряме вимірювання – більш простий і точний вид вимірювань, однак більшість вимірюваних величин недосяжні для прямого вимірювання, тому використовуються інші види вимірювань.

Непряме вимірювання – вимірювання, при якому значення величини знаходять на основі відомої залежності між величиною, що вимірюється, і величинами прямого вимірювання (наприклад, визначення щільності тіла за його об'ємом і масою). Рівняння непрямого вимірювання:

$$A = f(a_1 a_2 \dots a_n)$$

де A – величина, що є функцією аргументів a .

Точність непрямого вимірювання є нижчою, оскільки залежить від точності декількох безпосередньо вимірюваних величин.

Сумісні вимірювання – вироблені одночасно вимірювання декількох не однойменних величин для знаходження залежності між ними; використовуються в науці для знаходження закономірностей між різними величинами. У метрології сумісні вимірювання часто використовуються при дослідженні точності способів вимірювань і впливу на них параметрів навколишнього середовища.

Від виду вимірювань залежать способи обробки експериментальних даних, отриманих у ході виконання вимірювань і методи одержання результатів вимірювання, оскільки результат вимірювання звичайно не дається безпосередньо в досліді, а вимагає спеціальної математичної обробки дослідницьких даних.

Більшість вимірювань виконують у виробництві для здійснення контролю якості продукції, що випускається, і параметрів технологічного процесу.

Контроль – вимірювання, у процесі якого визначається, або знаходиться значення вимірюваної величини в заздалегідь установлених для неї межах.

Методи вимірювання – сукупність прийомів використання принципів і засобів вимірювань, при цьому основними засобами вимірювання є використовувані технічні засоби, що мають нормовані метрологічні властивості.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 87 / 22

Основні методи прямих вимірювань:

1. Метод безпосередньої оцінки – одержання значень вимірюваної фізичної величини безпосередньо по відліковому пристрою чи шкалі вимірювального приладу. Позитивна якість методу – швидкість процесу вимірювання, що обумовлює його широке використання в практиці, недолік – обмежена точність;

2. Метод порівняння з мірою – одержання значень шляхом порівняння вимірюваної величини з величиною, що відтворена мірою. Метод, використовується для виконання особливо точних вимірів;

3. Метод протиставлення – різновид методу порівняння з мірою. У цьому методі вимірювана величина і величина, відтворена мірою, одночасно впливають на прилад порівняння, за допомогою якого встановлюється співвідношення між цими величинами. Приклад – вимірювання маси на важільних вагах;

4. Диференційний метод – різновид методу порівняння з мірою, полягає у вимірі різниці між вимірюваною величиною, і величиною, відтвореною мірою. Наприклад, вимірювання, що виконуються при перевірці мір довжини шляхом порівняння зі зразковою мірою на компараторі. Метод дозволяє одержати точні результати при використанні відносно недостатньо точних способів вимірювання різниці;

5. Метод збігів – метод порівняння з мірою, у якому різниця між вимірюваною величиною і величиною, відтвореною мірою, визначають шляхом сполучення відміток шкал. Наприклад, вимірювання довжини за допомогою штангенциркуля з ноніусом заснований на використанні методу збігів: спостерігають збіг відміток на шкалах штангенциркуля і ноніуса.

Область вимірів – сукупність вимірів, властивих будь-якій галузі науки і техніки. У виробництві будівельних конструкцій, будівництві і будівельних науках існують наступні області і види вимірювань:

1. Вимірювання геометричних величин: довжин, відхилень форми поверхні, кутів. У будівництві існує спеціальна «Система забезпечення точності геометричних параметрів у будівництві», у якій роз'яснюються основні питання, пов'язані з призначенням і вимірюванням геометричних розмірів;

2. Вимірювання механічних величин: маси, сили, крутильних моментів, напружень і деформацій, параметрів руху, твердості. Вимірювання таких видів використовуються в основному під час випробувань будівельних конструкцій і устаткування;

3. Фізико-хімічні вимірювання: в'язкості, щільності, концентрації компонентів у твердих, рідких і газоподібних речовинах, вологості. Такі вимірювання застосовуються в основному у виробництві будівельних матеріалів.

Вимірювання здійснюються шляхом проведення спостережень.

Спостереження – операція в процесі вимірювання, у результаті якої одержують одне значення вимірюваної величини. Існують вимірювання з однократним і багаторазовим спостереженнями. Способи обробки даних,

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 87 / 23

отриманих у процесі вимірювання і знаходження результатів вимірювання залежать від кількості виконаних спостережень вимірюваної величини.

Під методом вимірювання розуміють сукупність прийомів порівняння вимірюваної величини з її одиницею чи шкалою. Недосконалістю прийнятих моделей вимірюваного об'єкту і методу вимірювання викликає появу похибки методу вимірювання, що є складовою систематичної похибки вимірів. При виборі методу вимірювання намагаються досягти того, щоб похибка методу вимірювання не перевищувала 30% від результуючої похибки, тобто не робила істотного впливу на точність результату. При цьому зміни вимірюваних величин, що є параметрами моделі, не повинні перевищувати 10% від результуючої похибки.

Правильний вибір ЗВ є основною умовою для одержання достовірної вимірювальної інформації необхідної точності. Вибір ЗВ визначається наступними факторами:

- а) вид вимірюваної величини і прийнятий метод вимірювання;
- б) необхідна точність результату вимірювання, що вказується звичайно у вигляді похибки, яка гранично допускається;
- в) умови вимірювань: кліматичні впливи (температура, вологість, атмосферний тиск тощо), механічні навантаження (вібрація, удари), наявність чи відсутність активного руйнівного середовища (агресивні гази, висока температура та ін.);
- г) допустимі значення ймовірностей помилкової і невиявленої відмов. Помилковою відмовою називається випадок визнання бракованим у дійсності придатного зразка продукції; невиявленою відмовою, навпаки, – випадок визнання придатним у дійсності бракованого зразка.

Вибір числа спостережень n виконується при розробці методики виконання вимірів у залежності від необхідної точності вимірів. При виборі числа спостережень керуються наступним:

1) якщо випадкова складова похибки вимірів перевищує невиключену систематичну похибку приладу чи методу вимірювання, тоді збільшення числа спостережень підвищує точність і зменшує загальну похибку вимірів, оскільки випадкова похибка зворотно пропорційна квадратному кореню з числа спостережень n ;

2) якщо встановлена межа допустимого значення сумарної похибки вимірів D , то раціонально вибрати кількість спостережень так, щоб випадкова складова похибки мала недостатньо малий вплив на точність результату, тобто щоб виконувалася умова:

$$\frac{S}{\sqrt{n}} = 0,2\Delta_D$$

де S – середньоквадратичне відхилення результату спостережень;

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 87 / 24

3) якщо випадкова похибка, отримана з даних вимірювання, виявиться значно менше похибки, обумовленої точністю приладу (невиключеної систематичної), то очевидно, що нема сенсу намагатися ще зменшити величину випадкової похибки, оскільки результати вимірювання не стануть від цього точніше.

Практичне завдання

Завдання 1

Складіть стислу аналітичну довідку щодо основних метрологічних показників (точність, чутливість, систематична й випадкова похибки, повторюваність, відтворюваність). Роз'ясніть, чому для різних типів вимірювань (лінійних, кутових, масових, теплотехнічних тощо) акценти на тих чи інших показниках можуть відрізнятися.

Завдання 2

Відповідно до наведеного у вихідних даних переліку приладів, що застосовуються в будівництві, для кожного приладу дослідіть та опишіть:

- принцип роботи та основні технічні характеристики (межа вимірювань, точність, роздільна здатність, час вимірювання);
- вимоги до калібрування, верифікації чи повірки;
- галузі застосування в будівництві (типові завдання, умови використання, переваги/недоліки).

Вихідні дані до виконання завдання 2

Вар.	Прилад 1	Прилад 2	Прилад 3	Прилад 4	Прилад 5
1	Оптичний нівелір	Лазерний рівень	Ультразвуковий товщиномір	Цифровий тахеометр	Деформаційний датчик
2	Лазерний далекомір	Електронний нівелір	Ультразвуковий сканер	Георадар	Інклінометр
3	Механічний рівень	Лазерний сканер	Ультразвуковий товщиномір	Віброметр	ІЧ-термометр
4	Електронний тахеометр	Лазерний рівень	Цифровий штангенциркуль	Георадар	Механічний динамометр
5	Лазерний сканер	Цифровий нівелір	Вологомір	Оптичний нівелір	ІЧ-камери
6	Георадар	Ультразвуковий товщиномір	Лазерний далекомір	Цифровий тахеометр	Електронний кутомір
7	Лазерний рівень	Цифровий штангенциркуль	Ультразвуковий сканер	Оптичний нівелір	Деформаційний датчик
8	Механічний динамометр	Лазерний далекомір	Електронний нівелір	Георадар	ІЧ-камери
9	Цифровий тахеометр	Лазерний рівень	Ультразвуковий товщиномір	Вологомір	Цифровий кутомір
10	Лазерний сканер	Оптичний нівелір	Віброметр	Ультразвуковий товщиномір	Інклінометр

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 87 / 25

Вар.	Прилад 1	Прилад 2	Прилад 3	Прилад 4	Прилад 5
11	Георадар	Лазерний далекомір	Механічний динамометр	Цифровий штангенциркуль	Деформаційний датчик
12	Ультразвуковий товщиномір	Лазерний рівень	Цифровий тахеометр	ІЧ-термометр	Оптичний нівелір
13	Лазерний далекомір	Георадар	Лазерний сканер	Механічний рівень	ІЧ-камери
14	Електронний нівелір	Цифровий тахеометр	Віброметр	Ультразвуковий товщиномір	Інклінометр
15	Лазерний рівень	Оптичний нівелір	Лазерний далекомір	Деформаційний датчик	Цифровий штангенциркуль
16	Ультразвуковий сканер	Лазерний сканер	Георадар	Цифровий тахеометр	Вологомір
17	ІЧ-термометр	Лазерний рівень	Лазерний далекомір	Механічний динамометр	Ультразвуковий товщиномір
18	Цифровий нівелір	Вологомір	Георадар	Лазерний сканер	Інклінометр
19	Лазерний далекомір	Оптичний нівелір	Лазерний рівень	ІЧ-камери	Ультразвуковий товщиномір
20	Георадар	Цифровий тахеометр	Лазерний далекомір	Віброметр	Деформаційний датчик

Завдання 3

Оберіть типовий будівельний виріб, або конструктивний елемент (наприклад, залізобетонна балка, металева ферма, дорожня плита, фасадна панель тощо).

На основі технічного завдання (розміри, механічні властивості, допуски, що регламентуються стандартами до обраного виробу) запропонуйте оптимальний засіб або комбінацію засобів вимірювання для контролю основних параметрів (геометрія, щільність, товщина, жорсткість тощо).

Обґрунтуйте свій вибір, спираючись на:

- метрологічні вимоги (клас точності, похибки);
- умови експлуатації (температурний режим, волога, пил);
- фінансово-економічні фактори (доступна вартість, наявність сервісних центрів, складність навчання персоналу).

Питання для самоперевірки

1. Що таке метрологія, і яку роль вона відіграє у будівництві?
2. Які основні фізичні величини застосовуються у будівництві?
3. Чим відрізняються основні фізичні величини від похідних?
4. Що таке розмірність фізичної величини, і як вона визначається?
5. Як визначається точність вимірювання, і чому вона важлива у будівництві?
6. Що таке абсолютна і відносна похибки, і як вони розраховуються?
7. У чому полягає різниця між систематичною та випадковою похибками?
8. Що таке повторюваність і відтворюваність вимірювань?

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	<i>Випуск 1</i>	<i>Зміни 0</i>	<i>Екземпляр № 1</i>	<i>Арк 87 / 26</i>

9. Які основні методи вимірювань використовуються у будівництві?
10. Що таке пряме та непряме вимірювання, і коли вони застосовуються?
11. Які основні засоби вимірювань використовуються для контролю геометричних параметрів конструкцій?
12. Що таке метрологічна характеристика засобів вимірювання?
13. Як умови середовища (температура, вологість, вібрація) впливають на точність вимірювань?
14. Що таке калібрування засобів вимірювань, і чому воно необхідне?
15. Які переваги й недоліки мають лазерні прилади порівняно з механічними?
16. Що таке інклінометр, і для яких завдань його використовують у будівництві?
17. Як обирати засоби вимірювань залежно від класу точності вимірювань?
18. Чим відрізняються оптичні та цифрові прилади для вимірювань?
19. Як забезпечити достовірність вимірювань під час роботи у важких кліматичних умовах?
20. Які фінансові фактори слід враховувати під час вибору засобів вимірювань у будівництві?

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 87 / 27

Тема 4. Визначення точності вимірювань

Мета роботи. Ознайомлення з основними поняттями та характеристиками точності вимірювань, такими як абсолютна та відносна похибки, систематичні та випадкові похибки. Опанування методів оцінки точності прямих та непрямих вимірювань у будівельній практиці.

Теоретичні відомості

Похибка є кількісною характеристикою точності й одним з центральних понять метрології, як науки, метою якої є одержання точного результату вимірювання. Тому для практичного досягнення цієї мети важливо розрізнити похибки за їх видом, причинами і способами виключення з результату вимірювання.

У процесі виконання виміру одержують результат, що є випадковим значенням вимірюваної величини через недосконалість ЗВ, вплив факторів і нестабільність вимірюваної величини, що міняється з часом. Тому вимірне значення має деяку похибку, що завжди входить у результат вимірювання.

Похибка виміру – відхилення результату вимірювання від істинного значення вимірюваної величини. Однак, оскільки істинне значення вимірюваної величини залишається невідомим, а відоме тільки дійсне значення, на практиці можна знайти лише наближену оцінку похибки. Похибка виміру являє собою суму цілого ряду складових, кожна з яких має свою причину.

У залежності від форми вираження розрізняють абсолютну і відносну похибки вимірів. Межі основної та додаткової похибок треба виражати у формі приведених, абсолютних і відносних похибок в залежності від характеру зміни похибок, а також від умов застосування і призначення ЗВ.

Межі абсолютної основної похибки, що допускається, встановлюють за формулою:

$$\Delta = \pm a$$

або

$$\Delta = \pm a + bx$$

де Δ – межі абсолютної похибки, яка допускається;

x – значення вимірюваної величини;

a, b – позитивні числа, що не залежать від x .

Межі приведеної основної похибки, що допускається, встановлюють за формулою:

$$\gamma = \frac{\Delta}{X_n \pm P}$$

де γ – межі приведеної похибки, що допускається;

X_n – нормуюче значення, виражене у тих само одиницях, що й Δ ;

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 87 / 28

P – абстрактне позитивне число, котре вибирається з ряду $1 \cdot 10^n$, $1,5 \cdot 10^n$, $2 \cdot 10^n$, $2,5 \cdot 10^n$, тощо.

Нормуюче значення x_n для ЗВ з рівномірною, практично рівномірною або ступеневою шкалою, а також для вимірювальних перетворень, необхідно встановлювати рівним більшій з меж вимірів.

Межі відносної основної похибки, що допускається, встановлюють за формулою:

$$\delta = \frac{\Delta}{X} = \pm q$$

або за формулою:

$$\delta = \frac{\Delta}{X} = \pm \left[c + d \left(\left| \frac{X_k}{x} \right| \right) - 1 \right]$$

де δ – межі відносної похибки, що допускається, %;

q – отвлеченное позитивне число, що вибирається з ряду;

X_k – більша (за модулем) з меж вимірів;

c, d – позитивні числа, вибрані з ряду:

$$c = b + a; d = \frac{a}{|X_k|}$$

Межі додаткової похибки, що допускається, встановлюють:

- у виді постійного значення або у виді постійних значень за інтервалами;
- шляхом вказання межі додаткової погрішності, що допускається;
- шляхом вказання функціональної залежності межі додаткової похибки, що допускається, від величини, яка на неї впливає.

Межі похибок, що допускаються, повинні бути виражені не більш ніж двома значущими цифрами.

Практичне завдання

Завдання 1

Розкрийте поняття: абсолютна похибка; відносна похибка; систематична і випадкова похибки; клас точності вимірювань.

Опишіть методи оцінки точності вимірювань у будівництві: прямі вимірювання (наприклад, геометричні розміри); непрямі вимірювання (наприклад, розрахунок навантаження).

Завдання 2

Відповідно до вихідних даних розрахуйте абсолютну та відносну похибки вимірювання товщини бетонної плити з використанням ультразвукового товщиноміра.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 87 / 29

Вихідні дані для виконання завдання 2

Варіант	Фактична товщина плити, мм	Заявлена точність приладу, мм	Допустима товщина плити, мм	Межі температури, °С	Умови середовища (вологість, %)
1	150	±3	147–153	20	60
2	200	±3	198–202	15	55
3	180	±1	178–182	25	65
4	220	±4	216–224	22	70
5	250	±2	248–252	18	50
6	300	±5	295–305	20	60
7	270	±3	268–272	17	55
8	320	±4	316–324	25	65
9	350	±2	348–352	23	60
10	400	±5	395–405	20	70
11	450	±3	448–452	15	50
12	500	±4	496–504	22	55
13	180	±2	178–182	25	60
14	200	±3	198–202	18	65
15	250	±2	248–252	20	70
16	300	±5	295–305	15	60
17	350	±4	346–354	22	50
18	400	±3	398–402	23	55
19	450	±2	448–452	25	60
20	500	±5	495–505	20	65

Розрахунок абсолютної похибки. Абсолютна похибка визначається як максимальне відхилення виміряного значення від істинного значення:

$$\Delta = \pm T$$

де T – заявлена точність приладу.

Розрахунок відносної похибки. Відносна похибка визначається у відсотках за формулою:

$$\delta = (\Delta / H) \cdot 100\%$$

де Δ – абсолютна похибка, мм;

H – фактична товщина плити, мм.

Перевірка відповідності результатів допустимим межам

- зіставити отримані результати з допустимою товщиною плити (згідно з таблицею);

- виявити, чи вкладаються результати в задані межі.

Оцінка впливу умов середовища. Проаналізувати, як зміна температури та вологості може вплинути на точність вимірювань (наприклад, зміна швидкості ультразвукових хвиль у матеріалі).

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 87 / 30

Приклад виконання завдання 1

Вихідні дані: фактична товщина плити 150 мм, заявлена точність приладу ± 2 мм, допустима товщина 148–152 мм.

Абсолютна похибка: $\Delta = \pm 2$ мм

Відносна похибка: $\delta = \Delta N \cdot 100\% = 2 / 150 \cdot 100\% = 1.33\%$

Висновок:

Отримані результати вкладаються в допустимі межі (148–152 мм). Відносна похибка 1.33% є допустимою згідно з будівельними стандартами.

Аналіз умов середовища: температура 20°C та вологість 60% є оптимальними для роботи ультразвукового товщиноміра. Вплив середовища на точність незначний.

Завдання 3

Відповідно до вихідних даних розрахуйте абсолютну та відносну похибки вимірювання кута нахилу елементів конструкції за допомогою цифрового тахеометра.

Вихідні дані для виконання завдання 3

Варіант	Вимірний кут нахилу, °	Точність тахеометра, °	Допустимий кут нахилу, °	Температура середовища, °C	Рівень вібрацій конструкції
1	6.00	± 0.002	5.95–6.05	25	Низький
2	10.50	± 0.005	10.45–10.55	15	Середній
3	15.75	± 0.003	15.72–15.78	25	Низький
4	20.00	± 0.002	19.98–20.02	22	Високий
5	25.30	± 0.005	25.25–25.35	18	Середній
6	30.60	± 0.003	30.57–30.63	20	Низький
7	35.90	± 0.004	35.86–35.94	17	Високий
8	40.20	± 0.002	40.18–40.22	25	Низький
9	45.50	± 0.005	45.45–45.55	23	Середній
10	50.00	± 0.003	49.97–50.03	20	Низький
11	55.30	± 0.002	55.28–55.32	15	Високий
12	60.60	± 0.005	60.55–60.65	22	Середній
13	65.00	± 0.004	64.96–65.04	25	Низький
14	70.20	± 0.003	70.17–70.23	18	Середній
15	75.30	± 0.002	75.28–75.32	20	Низький
16	80.50	± 0.005	80.45–80.55	15	Високий
17	85.00	± 0.003	84.97–85.03	22	Низький
18	90.25	± 0.004	90.21–90.29	23	Середній
19	95.50	± 0.002	95.48–95.52	25	Низький
20	100.00	± 0.005	99.95–100.05	20	Високий

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 87 / 31

Розрахунок абсолютної похибки. Абсолютна похибка визначається як максимальне відхилення виміряного значення від істинного значення:

$$\Delta = \pm T$$

де T – заявлена точність тахеометра.

Розрахунок відносної похибки. Відносна похибка визначається у відсотках за формулою:

$$\delta = (\Delta / \theta) \cdot 100\%$$

де Δ – абсолютна похибка, °;

θ – виміряний кут нахилу, °.

Перевірка відповідності допустимим межам:

- зіставити отримані результати (виміряний кут \pm абсолютна похибка) з допустимими межами (таблиця);

- перевірити, чи відповідає результат вимірювання нормативним вимогам.

Оцінка впливу умов середовища: проаналізувати, як зовнішні умови (температура, вібрації) впливають на точність вимірювань; визначити, чи є необхідність у повторних вимірюваннях або корекції результатів.

Приклад виконання завдання 3

Вихідні дані: виміряний кут нахилу $\theta = 5.00^\circ$, точність тахеометра $T = \pm 0.002^\circ$, допустимий кут нахилу $4.95^\circ \leq \theta \leq 5.05^\circ$.

Абсолютна похибка: $\Delta = \pm 0.002^\circ$

Відносна похибка: $\delta = (\Delta / \theta) \cdot 100\% = (0.002 / 5.00) \cdot 100\% = 0.04\%$

Перевірка відповідності:

- виміряний кут із урахуванням похибки: $5.00^\circ \pm 0.002^\circ = [4.998^\circ; 5.002^\circ]$.

- виміряний кут відповідає допустимим межам $[4.95^\circ; 5.05^\circ]$.

Аналіз умов середовища: температура 20°C і низький рівень вібрацій є оптимальними для вимірювань, тому вплив зовнішніх факторів мінімальний.

Завдання 4

Відповідно до вихідних даних розрахуйте абсолютну та відносну похибки визначення довжини балки з використанням лазерного далекоміра.

Вихідні дані для виконання завдання 4

Вар.	Виміряна довжина балки, м	Точність далекоміра, мм	Допустима довжина, м	Температура середовища, °C	Умови освітлення, Лк
1	3.00	± 2	2.98–3.02	20	500
2	4.50	± 1	4.49–4.51	15	300
3	5.75	± 3	5.74–5.76	25	700
4	6.20	± 2	6.18–6.22	22	400
5	7.30	± 1	7.29–7.31	18	800

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 87 / 32

Вар.	Виміряна довжина балки, м	Точність далекоміра, мм	Допустима довжина, м	Температура середовища, °С	Умови освітлення, Лк
6	8.50	±4	8.48–8.52	20	600
7	9.10	±3	9.09–9.11	17	500
8	10.25	±2	10.23–10.27	25	1000
9	12.00	±5	11.99–12.01	23	700
10	15.00	±4	14.99–15.01	20	300
11	16.30	±2	16.28–16.32	15	600
12	20.00	±3	19.98–20.02	22	800
13	2.50	±1	2.49–2.51	25	400
14	3.80	±2	3.78–3.82	18	900
15	5.00	±4	4.98–5.02	20	300
16	7.75	±3	7.74–7.76	15	500
17	9.20	±5	9.19–9.21	22	800
18	12.50	±4	12.48–12.52	23	1000
19	14.00	±3	13.98–14.02	25	600
20	18.00	±5	17.98–18.02	20	400

Розрахунок абсолютної похибки. Абсолютна похибка визначається за заявленою точністю приладу:

$$\Delta = T$$

де T – точність лазерного далекоміра у міліметрах.

Розрахунок відносної похибки. Відносна похибка обчислюється у відсотках за формулою:

$$\delta = (\Delta / L) \cdot 100\%$$

де Δ – абсолютна похибка, м;

L – виміряна довжина балки, м.

Перевести Δ у метри перед обчисленням:

$$\Delta(\text{м}) = T(\text{мм}) / 1000$$

Перевірка відповідності результатів допустимим межам:

$$L \pm \Delta \in |L_{\min}; L_{\max}|$$

де L_{\min} і L_{\max} — допустимі межі довжини балки.

Оцінка впливу зовнішніх умов: температура та освітлення можуть впливати на точність лазерного далекоміра; у разі значних відхилень зовнішніх умов порівняно з оптимальними потрібно вказати можливість додаткових похибок.

Приклад виконання завдання 4

Вихідні дані: виміряна довжина балки 3.00 м, точність далекоміра ±2 мм, допустима довжина балки [2.98 м; 3.02 м].

Абсолютна похибка: $\Delta = 2 / 1000 = 0.002$ м

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 87 / 33

Відносна похибка: $\delta = (\Delta / L) \cdot 100\% = (0.002 / 3.00) \cdot 100\% = 0.067\%$

Перевірка відповідності: $3.00 \pm 0.002 = [2.998 \text{ м}; 3.002 \text{ м}]$

Отриманий результат [2.998 м; 3.002 м].

Оцінка умов середовища: температура 20°C і освітлення 500 люкс відповідають нормальним умовам роботи лазерного далекоміра. Вплив зовнішніх факторів мінімальний.

Питання для самоперевірки

1. Що таке точність вимірювань, і чому вона є важливою у будівництві?
2. Як визначається абсолютна похибка вимірювання?
3. Що таке відносна похибка вимірювання, і як вона обчислюється?
4. У чому полягає різниця між абсолютною та відносною похибками?
5. Що таке систематична похибка, і які її основні джерела?
6. Що таке випадкова похибка, і як вона виникає під час вимірювань?
7. Як оцінюється клас точності вимірювань?
8. Що таке допустима похибка, і як вона впливає на результат вимірювання?
9. Які методи використовуються для зменшення систематичної похибки?
10. Як багатократні спостереження впливають на точність вимірювань?
11. Який зв'язок між похибкою засобів вимірювання і точністю результатів?
12. Що таке межі основної похибки, і як вони визначаються?
13. Як умови середовища можуть впливати на точність вимірювань?
14. Що таке дійсне значення фізичної величини, і чому його важко визначити?
15. Які методи використовуються для оцінки точності непрямих вимірювань?
16. Як обирається кількість спостережень для досягнення необхідної точності?
17. Що таке випадкова похибка середнього значення, і як вона розраховується?
18. Як оцінюється достовірність результатів вимірювань?
19. Що таке метрологічний контроль, і як він допомагає забезпечити точність вимірювань?
20. Які стандарти визначають вимоги до точності вимірювань у будівництві?

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 87 / 34

Тема 5. Складання програми випробувань будівельної продукції

Мета роботи. Розвинути аналітичні та практичні навички студентів у розробці програми випробувань будівельної продукції, враховуючи нормативно-технічну документацію, вимоги стандартів і специфічні умови використання будівельних матеріалів.

Теоретичні відомості

Якість продукції є одним із важливіших факторів успішної діяльності будь-якого виробництва. Підвищення вимог супроводжується необхідністю постійного підвищення якості, без чого неможливе досягнення ефективної економічної діяльності.

Якість – це сукупність властивостей і характеристик продукції або послуг, які надають продукції здатність задовольняти потреби людства.

Використовуються такі терміни «якості»:

- 1) відносна якість;
- 2) рівень якості і міра якості.

На якість продукції впливають такі взаємозалежні види діяльності, як проектування, виготовлення і ремонт. Вся промислова продукція з метою оцінки її рівня якості поділена на два класи (рисунок 5.1): та, що витрачається при використанні і та, що витрачає свій ресурс.

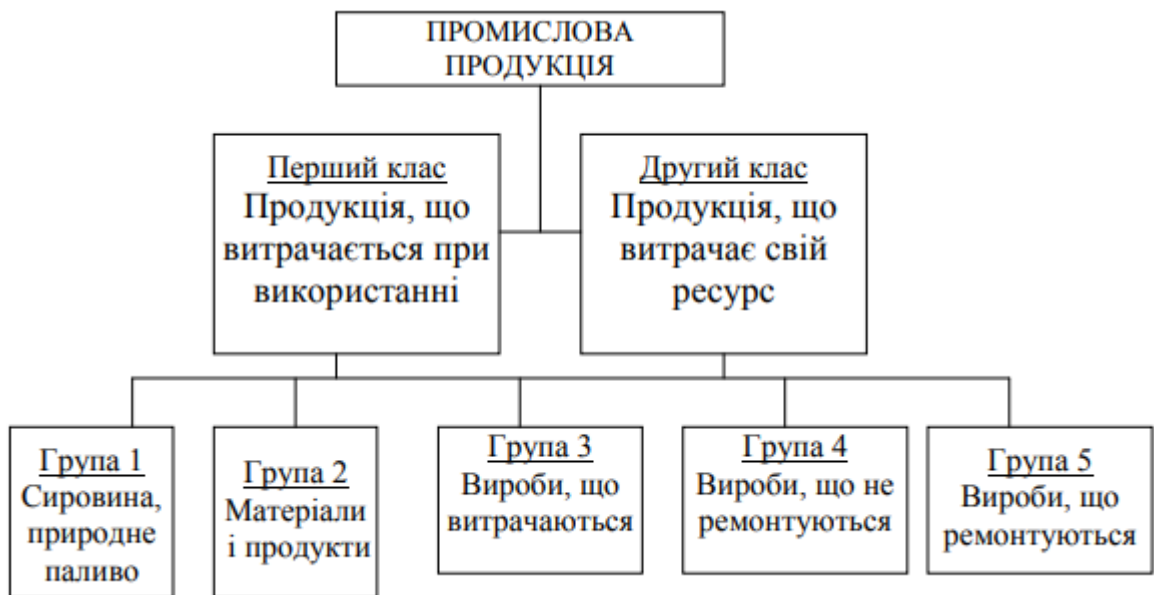


Рис.5.1. Класифікація промислової продукції

У першому класі продукції виділяють три групи: сировина і природне паливо; матеріали і продукти; вироби, що витрачаються.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 87 / 35

Другий клас продукції ділиться на групи: не ремонтні вироби та ремонтні вироби. До першої відносяться сировина і різні види природного палива. До другої групи входять матеріали і продукти (штучне паливо, мастило, матеріали будівельної індустрії, лісоматеріали, електро- і радіотехнічні матеріали).

До третьої групи відносяться такі матеріали, як рідке паливо, балони з газом, кабелі в котушках.

До четвертої групи входять не ремонтні вироби (резистори, конденсатори, болти, гайки, підшипники).

П'яту групу складають ремонтні вироби (технологічне обладнання, автоматичні лінії і автоматизовані комплекси, транспортні машини).

Система управління якістю – інтегрований механізм управління, спрямований на реалізацію цілей у сфері якості та орієнтований як на мінімізацію всіх видів витрат, так і на узгодження функціонування всіх її елементів.

Одним з основних напрямів у сфері як виробництва, так і обслуговування є якість, а не обсяг випуску продукції чи надання послуг. Ще одним основним напрямом є управління покращенням якості, тобто управління розвитком підприємства для задоволення потреб працівників та суспільства. Методи управління якістю універсальні і не залежать від сфери діяльності організації.

Управління якістю – це аспекти виконання функції управління, які визначають політику, цілі та відповідальність у сфері якості, а також реалізують їх за допомогою таких засобів, як планування якості та оперативне управління якістю. Система управління якістю є штучним елементом пристосування виробництва до умов зовнішнього та (або) внутрішнього середовища функціонування.

Планування розробки систем управління якістю включає:

- організацію навчання в сфері якості всіх співробітників;
- проведення аналізу відповідності існуючої системи управління якістю і підготовку її до сертифікації;
- заснування проекту “Розробка і впровадження системи управління якістю”;
- складання бізнес-плану і кошторису проекту;
- встановлення системи процесів, їх взаємозв’язків і взаємодії, виділення ключових процесів, необхідних для досягнення цілей в сфері якості;
- розробка календарних планів реалізації проекту;
- створення та організація роботи колективу з системи управління якістю;
- організація і проведення навчання керівників і співробітників методом управління процесами;
- введення в дію всієї документованої системи управління якістю і моніторингу її ефективності;
- вибір органу із сертифікації і подача заявки на сертифікацію системи управління якістю.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 87 / 36

Система управління якістю дає можливість організації краще задовольняти вимоги замовників і забезпечує поліпшення:

- продуктивності та ефективності, що веде до зниження вартості продукції;
- змістовності товарів (послуг), що надаються;
- сприйняття клієнтом іміджу організації й інших видимих показників;
- взаємодії в робочому колективі.

Якщо підприємство сертифікувало систему управління якістю, то можна без додаткових витрат одержати сертифікати на всю продукцію, що випускається підприємством. Сертифікат забезпечує участь в тендерах і довіру споживачів.

Система якості – сукупність організаційної структури, відповідальності, процесів і ресурсів, яка забезпечує здійснення загального управління якістю.

Діючі на виробничих об'єднаннях (ВО) і промислових підприємствах (ПП) комплексні системи управління якістю продукції (КС УЯП) не враховують важливих етапів петлі якості, що передбачені стандартами ISO 9000.

Міжнародні стандарти ISO 9000 встановили 11 стадій життєвого циклу виробів. Це потребує зміни структури управління якістю продукції і включення до неї етапів маркетингу, матеріально-технічного забезпечення, пакування, збереження, транспортування та ін.

Система якості функціонує одночасно з усіма іншими видами людської діяльності, які впливають на якість продукції, і взаємодіє з ними. Етапи і види діяльності включають:

- 1) маркетинг, пошук і вивчення ринку;
- 2) проектування і розробку технічних вимог виготовлення продукції;
- 3) матеріально-технічне забезпечення;
- 4) підготовку і розробку виробничих процесів;
- 5) контроль, проведення випробувань і обстежень;
- 6) реалізацію і розподіл продукції;
- 7) монтаж і експлуатацію;
- 8) технічну допомогу і обслуговування.

Метрологічне забезпечення здійснюється згідно вимог ДСТУ 15-2000, державних і галузевих стандартів щодо метрологічного забезпечення підрозділів і служб виробничих об'єднань (ВО), виробничих підприємств (ВП) під методичним керівництвом і за безпосередньої участі в роботах метрологічної служби ВО (ВП) відділу головного метролога.

Контрольне, вимірювальне і випробне обладнання. Постачальник (ВО) повинен проводити градування та регулювання контрольного, вимірювального і випробного обладнання незалежно від того, чи є воно власністю постачальника, запозичене у тимчасове користування або дано замовником з метою підтвердження відповідності продукції встановленим вимогам.

Постачальник – ВО (ВП) повинен:

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 87 / 37

1) визначати необхідні вимірювання та їх точність, вибирати відповідні контрольно-вимірювальне і випробне обладнання;

2) визначати, градувати та юстирувати через означені відрізки часу контрольне, вимірювальне і випробне обладнання та прилади, які впливають на якість продукції;

3) встановлювати, документувати і підтримувати в робочому стані процедури градування, включаючи деталізацію типів обладнання, номер ідентифікації, місця його знаходження, періодичність перевірок, методи пробірки, критерії прийому і розробки заходів, які повинні вживатися у випадках, коли одержані незадовільні результати;

4) забезпечувати необхідну точність і правильність контрольного, вимірювального і випробного обладнання;

5) визначати контрольне, вимірювальне і випробне обладнання;

6) реєструвати перевірки контрольного, вимірювального і випробного обладнання;

7) оцінювати і документувати достовірність попередніх результатів контролю і випробування;

8) забезпечити необхідні умови для проведення градування, контролю, вимірювання і випробування;

9) забезпечити точність і функціональну придатність контрольного, вимірювального і випробного обладнання;

10) охороняти контрольні, вимірювальні та випробні засоби, серед яких – апаратура і програмне забезпечення, від розрегулювання.

Управління вимірюванням. До сфери управління включаються калібри, інструменти, датчики, розмічальні плити, спеціальне обладнання, відповідне програмне забезпечення. Крім цього, слід перевіряти виробничі стенди, фіксуючі пристрої, технологічне оснащення виробничого процесу або послуг.

Елементи управління. Управління контрольно-вимірювальним і випробним обладнанням, а також методами проведення випробувань повинно включати:

1) правильні технічні умови і задані характеристики, серед яких – межі вимірювання, відповідність номіналам, точність, міцність, довговічність;

2) вихідне градування до початку використання, що забезпечує необхідну точність;

3) періодичний відклик на налагодження, ремонт і повторну калібровку відповідно до технічних умов виготовлювача, результатів попереднього калібрування, методів та інтенсивності використання обладнання;

4) документальне підтвердження ідентифікації інструмента, частоти проведення, налагодження, ремонту, монтажу й експлуатації;

5) перевірку відповідності відомим еталонам точності й стабільності, переважно національним, міжнародним або спеціально розробленим критеріям.

Контроль і випробування. Проведення контролю і виробувань продукції повинно підтверджуватися маркіруванням, пломбами, ярликами, бирками,

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 87 / 38

маршрутними картами, даними реєстрації, контролю, програмами забезпечення випробування. За наслідками контролю встановлюється відповідність або невідповідність продукції вимогам до неї.

Практичне завдання

Вам як інженеру з контролю якості доручено розробити програму випробувань для нового виду будівельної продукції. Ваше завдання – скласти детальну програму випробувань, яка охоплює:

1. Види випробувань.
2. Вимоги до випробувальних зразків.
3. Методи проведення випробувань.
4. Нормативні показники якості.
5. Частоту випробувань та обсяг контрольованих партій.
6. Оцінку результатів випробувань.

Детальні вимоги до виконання завдання:

Аналіз нормативної документації. Вивчіть відповідні стандарти, які регламентують якість і види випробувань. Опишіть ключові нормативи, які регулюють характеристики заданого у вихідних даних матеріалу.

Вимоги до зразків. Наведіть вимоги стосовно розмірів, форми, кількості зразків, які необхідно підготувати для кожного виду випробувань. Умови витримання зразків перед випробуваннями.

Методи проведення випробувань. Опишіть методіку для кожного виду випробувань. Укажіть необхідне обладнання.

Частота випробувань та обсяг партій. Розробіть графік контролю для оцінки продукції в партії. Укажіть, яка кількість зразків має випробуватися з певного обсягу партії.

Вихідні дані до виконання завдання

Варіант 1

Продукція: Бетонні блоки для фундаменту.

Особливість: Високий рівень вологості в зоні експлуатації.

Фокус випробувань: Водонепроникність, морозостійкість.

Варіант 2

Продукція: Керамічна цегла для несучих стін.

Особливість: Використання в сейсмічно активних районах.

Фокус випробувань: Міцність на стиск, міцність на вигин.

Варіант 3

Продукція: Асфальтобетонні суміші для дорожнього покриття.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 87 / 39

Особливість: Експлуатація в умовах високих температур.

Фокус випробувань: Стійкість до утворення колії, водонепроникність.

Варіант 4

Продукція: Газобетонні блоки для внутрішніх стін.

Особливість: Висока вологість приміщень.

Фокус випробувань: Теплопровідність, водопоглинання.

Варіант 5

Продукція: Металеві балки для каркасних будівель.

Особливість: Корозійно-агресивне середовище.

Фокус випробувань: Міцність на вигин, стійкість до корозії.

Варіант 6

Продукція: Дерев'яні клеєні балки.

Особливість: Використання на відкритому повітрі.

Фокус випробувань: Міцність на стиск, стійкість до вологого середовища.

Варіант 7

Продукція: Полімерна теплоізоляція.

Особливість: Експлуатація в умовах низьких температур.

Фокус випробувань: Теплопровідність, морозостійкість.

Варіант 8

Продукція: Армовані бетонні плити для перекриттів.

Особливість: Великі навантаження.

Фокус випробувань: Міцність на стиск, прогин під навантаженням.

Варіант 9

Продукція: Плитка для фасадів.

Особливість: Інтенсивний вплив сонця і дощів.

Фокус випробувань: Морозостійкість, стійкість до ультрафіолетового випромінювання.

Варіант 10

Продукція: Гіпсокартонні плити.

Особливість: Використання в приміщеннях з підвищеною вологістю.

Фокус випробувань: Вологостійкість, міцність на вигин.

Варіант 11

Продукція: Тротуарна плитка.

Особливість: Високі механічні навантаження.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 87 / 40

Фокус випробувань: Міцність на стиск, зносостійкість.

Варіант 12

Продукція: Склоблоки.

Особливість: Використання як елемент світлопропускних конструкцій.

Фокус випробувань: Стійкість до ударних навантажень, оптичні властивості.

Варіант 13

Продукція: Мінераловатна теплоізоляція.

Особливість: Експлуатація в умовах високої вологості.

Фокус випробувань: Водопоглинання, теплопровідність.

Варіант 14

Продукція: Гофровані сталеві листи для покрівлі.

Особливість: Умови сильної вітрової ерозії.

Фокус випробувань: Стійкість до корозії, міцність на вигин.

Варіант 15

Продукція: Бітумні рулонні матеріали для гідроізоляції.

Особливість: Контакт з ґрунтовими водами.

Фокус випробувань: Водонепроникність, стійкість до розриву.

Варіант 16

Продукція: Залізобетонні опори для ЛЕП.

Особливість: Високі механічні навантаження і атмосферний вплив.

Фокус випробувань: Міцність на стиск, стійкість до корозії арматури.

Варіант 17

Продукція: Кам'яні бруківки.

Особливість: Інтенсивний рух транспорту.

Фокус випробувань: Зносостійкість, міцність на стиск.

Варіант 18

Продукція: Скло для вікон.

Особливість: Використання в умовах перепадів температур.

Фокус випробувань: Ударостійкість, теплостійкість.

Варіант 19

Продукція: Полімерна мембрана для гідроізоляції покрівлі.

Особливість: Використання в регіонах із частими дощами.

Фокус випробувань: Водонепроникність, стійкість до ультрафіолету.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 87 / 41

Варіант 20

Продукція: Цемент для будівельних розчинів.

Особливість: Використання для об'єктів з коротким терміном будівництва.

Фокус випробувань: Час схоплювання, міцність на стиск.

Питання для самоперевірки

1. Що таке контроль якості будівельних матеріалів, і яку роль він відіграє у будівництві?
2. Які основні методи контролю якості будівельних матеріалів існують?
3. У чому полягає різниця між руйнівними та неруйнівними методами контролю?
4. Які переваги мають неруйнівні методи контролю порівняно з руйнівними?
5. Як використовуються ультразвукові методи для контролю якості будівельних матеріалів?
6. Що таке рентгенографічний метод контролю, і для яких матеріалів він застосовується?
7. Які параметри визначаються за допомогою методів випробувань на стиск?
8. Що таке магнітні методи контролю, і як вони використовуються у будівництві?
9. Як контролюється якість бетонних конструкцій за допомогою неруйнівних методів?
10. Що таке візуально-оптичний контроль, і які його обмеження?
11. Як застосовується капілярний метод для виявлення дефектів у матеріалах?
12. Які методи використовуються для оцінки адгезії покриттів до будівельних поверхонь?
13. Як контролюється якість металевих конструкцій?
14. Які сучасні прилади використовуються для контролю щільності будівельних матеріалів?
15. Як визначається водопроникність бетонних конструкцій?
16. Що таке тепловізійний контроль, і для яких задач його використовують?
17. Як проводиться контроль якості зварних з'єднань у будівництві?
18. У чому полягає важливість метрологічного забезпечення приладів для контролю якості?
19. Які нормативні документи регулюють методи контролю якості будівельних матеріалів?
20. Як організаційні фактори впливають на ефективність контролю якості у будівництві?

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 87 / 42

Тема 6. Контроль якості розмірів виробів та конструкцій

Мета роботи. Опанувати методики аналізу й оцінювання отриманих результатів вимірювань. Навчитися визначати вплив відхилень розмірів на експлуатаційні характеристики будівельних виробів.

Теоретичні відомості

Геометричний параметр – це узагальнена назва лінійної і кутової величин, що характеризують розміри, форму і положення елементів будівельних конструкцій, будівель і споруд. Забезпечення точності геометричних параметрів необхідне для того, щоб виконувалися умови збирання і взаємозамінності.

Збірність конструкцій – властивість незалежно виготовлених елементів забезпечити можливість зборки з точністю геометричних параметрів, що відповідає пропонованим до конструкцій експлуатаційним вимогам.

Взаємозамінність – властивість незалежно виготовлених однотипних елементів забезпечувати можливість застосування одного замість іншого без додаткової обробки. Досягається застосуванням однакових норм точності.

Система забезпечення точності геометричних параметрів є конкретизацією ДСВ для розмірів будівельних конструкцій, будівель і споруд. Поява цього розділу в метрологічному забезпеченні будівельного виробництва пов'язана з винятковою важливістю точного дотримання розмірів і взаємного положення конструкцій і будівель. Перевірка геометричних параметрів входить складовою частиною в заходи щодо контролю якості продукції будівництва. Система забезпечення точності викладена в групі стандартів, що визначають:

- характеристики точності конструкцій, способи визначення класів точності;
- методи призначення функціональних і технологічних допусків, їх взаємного ув'язування;
- правила виконання вимірів і статистичного аналізу точності, контролю точності тощо.

Стандарти системи викладають загальні вимоги і не прив'язані до конкретних конструкцій і будівель. Ця прив'язка здійснюється проектувальником шляхом віднесення геометричних параметрів будівлі до визначеного класу точності.

Відповідно до стандартів системи на робочих кресленнях і в технологічній документації встановлюють вимоги до точності конструкцій, їх елементів і виконання робіт, а також методи і засоби технологічного забезпечення і контролю точності.

Відповідно до вимог на робочих кресленнях і в технологічній документації необхідно встановлювати: вимоги до точності розмірів конструкцій, їх елементів і виконання робіт, а також методи і засоби технологічного забезпечення і контролю точності.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 87 / 43

Оскільки геометричні параметри (лінійні розміри, кутові величини та ін.) є випадковими величинами, їх точність визначається за характеристиками точності. Основними з них є (рисунок 6.1):

x_i – дійсне відхилення геометричного параметру в кожному окремому випадку:

$$\begin{aligned}\delta x_i &= x_i - x_{nom} \\ x_{min} &= m_x - t_{min} \sigma_x \\ x_{max} &= m_x + t_{max} \sigma_x\end{aligned}$$

де x_i – дійсне значення параметру x ;

x_{nom} – номінальне значення параметру x , тобто значення, що встановлене в проекті або нормативно-технічних документах;

m_x , σ_x – математичне очікування і СКВ x ;

x_{min} і x_{max} – мінімальний і максимальний граничний розміри, їх значення встановлюють в залежності від прийнятого рівня імовірності виходу значення x за межі інтервалу $[x_{min}; x_{max}]$;

δx_{inf} і δx_{sup} – нижнє і верхнє граничні відхилення від номінального значення;

Δx – допуск, рівний різниці граничних розмірів;

δx_c – відхилення середини поля допуску x_c від номінального значення.

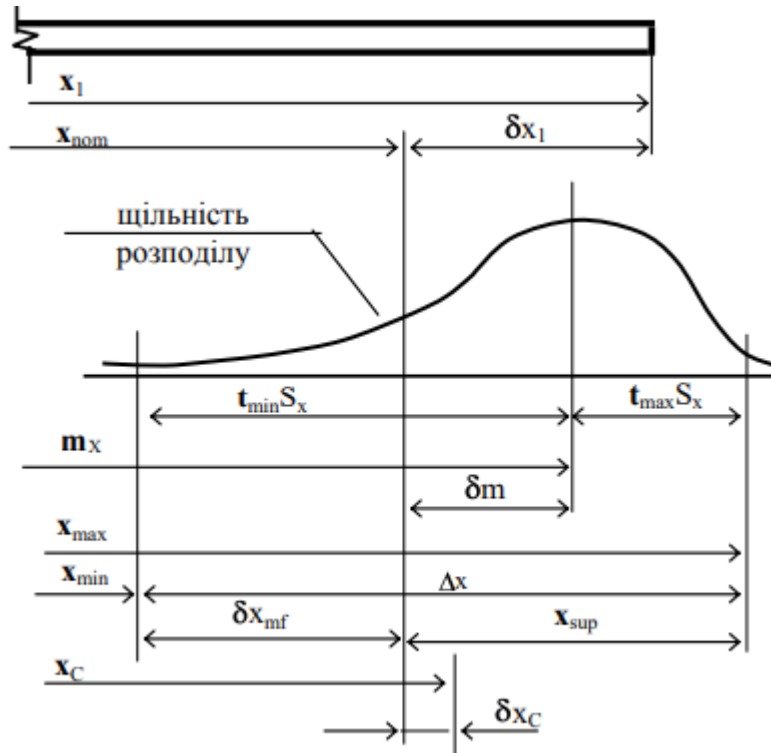


Рис.6.1 Характеристики точності геометричного параметру

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 87 / 44

При розробці технології виготовлення і монтажі конструкцій в залежності від їх вигляду, відповідальності і найбільших розмірів вибирається клас точності, якому відповідають їх геометричні розміри. За класом точності встановлюють точність геометричних параметрів шляхом призначення граничних значень характеристик точності (наприклад, значення допуску, граничних розмірів тощо). За прийнятими значеннями характеристик точності здійснюється вибір методів вимірювання (контролю) розмірів виробів, визначаються ЗВ для виконання контролю, призначається технологія виготовлення елементів і зведення будівель.

Практичне завдання

Завдання 1

Відповідно до вихідних даних розглянути основні методи вимірювання геометричних параметрів:

- механічні (рейкові шаблони, лінійки, рулетки, штангенциркулі тощо);
- оптичні (лазерні далекоміри, нівеліри, теодоліти, тахеометри, 3D-сканери).

Проаналізувати переваги та недоліки методів з погляду точності, витрат часу, складності використання, вартості обладнання та умов експлуатації. Визначити, який метод контролю доцільніше застосовувати у різних ситуаціях (контроль окремих бетонних блоків, панельних елементів, стінових конструкцій тощо).

Вихідні дані для виконання завдання 1

Варіант 1. Порівняння механічного та оптичного методів контролю розмірів керамічних блоків.

Варіант 2. Дослідження точності контролю геометрії залізобетонних плит за допомогою лазерного далекоміра та шаблону.

Варіант 3. Порівняльний аналіз вимірювань розмірів сталевих профілів штангенциркулем та цифровим мікрометром.

Варіант 4. Оцінка ефективності використання оптичного нівеліра та теодоліта для перевірки горизонтальності панельних елементів.

Варіант 5. Аналіз результатів контролю розмірів стінових бетонних блоків за допомогою рейкових шаблонів та лазерного сканера.

Варіант 6. Порівняння точності контролю дерев'яних балок різних розмірів рулеткою та ультразвуковим датчиком.

Варіант 7. Аналіз методів контролю кутових відхилень у металевих каркасах за допомогою цифрового інклінометра та оптичного нівеліра.

Варіант 8. Дослідження точності вимірювання гіпсокартонних листів штангенциркулем і лазерним рівнем.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 87 / 45

Варіант 9. Аналіз переваг і недоліків лазерного далекоміра у порівнянні з традиційною рулеткою при контролі висоти стін.

Варіант 10. Оцінка ефективності 3D-сканера для вимірювання складної геометрії бетонних колон.

Варіант 11. Порівняння методів контролю плитки для підлоги: механічний шаблон та лазерна вимірювальна система.

Варіант 12. Дослідження методів контролю плоских залізобетонних панелей: рейковий шаблон і оптичний тахеометр.

Варіант 13. Аналіз використання цифрового мікрометра та штангенциркуля для вимірювання тонкостінних металевих профілів.

Варіант 14. Порівняння методів контролю товщини ізоляційних матеріалів механічним товщиноміром та ультразвуковим пристроєм.

Варіант 15. Оцінка точності вимірювань модульних блоків (контейнерів) лазерним далекоміром і рейковим шаблоном.

Варіант 16. Дослідження ефективності механічних інструментів (шаблонів) та сучасних оптичних систем для контролю розмірів конструкцій мостів.

Варіант 17. Аналіз точності контролю розмірів фундаментних блоків за допомогою лазерного нівеліра та рулетки.

Варіант 18. Порівняння механічного штангенциркуля і цифрового мікрометра при контролі розмірів алюмінієвих деталей.

Варіант 19. Аналіз використання лазерного далекоміра та 3D-сканера для перевірки відповідності розмірів залізобетонних елементів стандартам.

Варіант 20. Дослідження можливостей автоматизованих систем контролю (роботизованих лазерних пристроїв) у порівнянні з традиційними інструментами для великогабаритних конструкцій.

Завдання 2

Існує партія з 100 бетонних блоків певного розміру (задано вихідними даними), для яких задано дозволене відхилення за довжиною та шириною відповідно до технічних умов.

Із партії (100 блоків) випадково обирається 10 зразків. Використовуючи два різні методи (механічний штангенциркуль та лазерний далекомір), проводиться вимірювання розмірів кожного з 10 зразків.

Необхідно порівняти результати двох методів вимірювання (середні значення, максимальні відхилення, середньоквадратичне відхилення тощо). Визначити, які зразки відповідають технічним умовам за розмірами. Порівняти точність, надійність, швидкість та вартість кожного методу (орієнтовно).

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024	
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 87 / 46	

Варіант 1

Номінальні розміри виробу: L=400 мм, W=200 мм, H=200 мм

Допустимі відхилення: $\Delta L = \pm 3$ мм, $\Delta W = \pm 2$ мм, $\Delta H = \pm 2$ мм

№	L ₁ , (мм)	L ₂ , (мм)	W ₁ , (мм)	W ₂ , (мм)	H ₁ , (мм)	H ₂ , (мм)
1	400.2	399.8	199.5	198.9	200.1	199.8
2	399.1	399.6	200.2	200.0	198.7	198.5
3	401.0	400.6	198.9	199.2	199.5	199.2
4	397.9	398.2	201.2	200.9	200.0	200.2
5	402.1	401.8	200.0	199.6	199.8	199.6
6	399.6	399.5	200.1	200.1	200.1	199.9
7	398.8	399.0	198.6	198.8	200.0	199.7
8	400.5	400.1	199.9	200.4	200.2	199.9
9	397.7	398.0	201.2	201.0	199.6	199.3
10	401.2	401.0	198.8	199.0	198.9	198.8

Варіант 2

Номінальні розміри: L=300 мм, W=200 мм, H=150 мм

Допустимі відхилення: $\Delta L = \pm 2$ мм, $\Delta W = \pm 2$ мм, $\Delta H = \pm 2$ мм

№	L ₁ , (мм)	L ₂ , (мм)	W ₁ , (мм)	W ₂ , (мм)	H ₁ , (мм)	H ₂ , (мм)
1	299.8	300.1	200.2	199.8	149.5	149.7
2	298.9	299.0	198.7	198.9	150.2	149.9
3	300.5	300.3	199.5	199.2	150.0	150.3
4	299.6	299.4	200.1	200.0	149.6	149.9
5	301.1	300.7	200.3	199.7	150.2	149.8
6	298.8	299.1	199.9	199.5	149.8	149.4
7	301.2	300.9	198.8	199.1	150.5	150.1
8	299.0	299.2	200.0	200.2	149.5	149.6
9	300.2	300.1	199.3	199.6	150.2	150.0
10	300.4	300.2	199.8	199.5	149.9	150.1

Варіант 3

Номінальні розміри: L=600 мм, W=300 мм, H=200 мм

Допустимі відхилення: $\Delta L = \pm 4$ мм, $\Delta W = \pm 3$ мм, $\Delta H = \pm 2$ мм

№	L ₁ , (мм)	L ₂ , (мм)	W ₁ , (мм)	W ₂ , (мм)	H ₁ , (мм)	H ₂ , (мм)
1	599.2	598.8	299.5	299.0	200.2	200.1
2	602.1	601.8	300.1	300.2	199.5	199.7
3	598.9	598.6	299.2	299.0	200.0	199.8
4	600.5	600.2	298.7	299.1	200.1	199.9
5	601.4	601.0	301.2	300.9	200.2	200.0
6	599.0	599.5	300.5	300.3	199.6	199.3
7	602.2	601.9	300.0	299.8	200.1	199.7
8	600.1	599.7	299.6	299.2	200.0	200.3
9	598.7	598.9	299.9	299.5	199.8	199.5
10	603.0	602.6	300.2	300.1	199.9	199.8

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024	
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 87 / 47	

Варіант 4

Номінальні розміри: L=400 мм, W=200 мм, H=200 мм

Допустимі відхилення: $\Delta L = \pm 3$ мм, $\Delta W = \pm 2$ мм, $\Delta H = \pm 2$ мм

№	L ₁ , (мм)	L ₂ , (мм)	W ₁ , (мм)	W ₂ , (мм)	H ₁ , (мм)	H ₂ , (мм)
1	399.5	399.2	199.9	199.8	200.0	199.7
2	401.2	400.8	198.6	198.3	198.8	198.6
3	398.9	398.5	200.4	200.1	200.1	199.5
4	400.4	400.2	199.5	199.2	199.6	199.8
5	402.0	401.9	200.1	199.7	200.2	200.0
6	397.8	398.0	201.0	200.6	200.3	200.1
7	399.6	399.2	198.9	199.0	199.5	199.3
8	398.8	398.5	200.0	199.6	198.9	198.7
9	401.5	401.2	201.1	200.9	200.3	200.1
10	398.6	398.2	199.5	199.3	200.0	199.8

Варіант 5

Номінальні розміри: L=500 мм, W=250 мм, H=200 мм

Допустимі відхилення: $\Delta L = \pm 3$ мм, $\Delta W = \pm 2$ мм, $\Delta H = \pm 2$ мм

№	L ₁ , (мм)	L ₂ , (мм)	W ₁ , (мм)	W ₂ , (мм)	H ₁ , (мм)	H ₂ , (мм)
1	499.7	499.5	249.8	249.9	200.1	199.7
2	498.9	498.6	250.0	249.7	199.9	199.5
3	501.0	500.6	249.6	249.5	198.9	199.1
4	499.2	499.0	251.0	250.7	200.2	199.8
5	498.8	499.1	250.5	250.3	199.5	199.7
6	501.2	500.8	249.2	249.0	200.0	199.6
7	499.3	498.9	249.9	249.8	200.1	199.9
8	500.1	499.7	250.4	250.2	200.2	200.0
9	497.9	498.1	248.8	248.9	199.7	199.3
10	500.2	500.0	249.5	249.2	199.8	199.4

Варіант 6

Номінальні розміри: L=600 мм, W=400 мм, H=200 мм

Допустимі відхилення: $\Delta L = \pm 4$ мм, $\Delta W = \pm 3$ мм, $\Delta H = \pm 2$ мм

№	L ₁ , (мм)	L ₂ , (мм)	W ₁ , (мм)	W ₂ , (мм)	H ₁ , (мм)	H ₂ , (мм)
1	598.6	599.0	399.2	399.0	200.0	199.8
2	601.5	601.2	400.5	400.2	199.7	199.6
3	597.9	598.3	398.9	398.6	200.2	199.9
4	602.0	601.6	399.5	399.4	199.5	199.3
5	600.2	599.9	400.7	400.3	200.1	199.9
6	598.8	598.5	399.0	399.1	200.3	200.0
7	599.6	599.1	401.0	400.6	199.9	199.8
8	601.9	601.5	400.1	399.9	200.2	200.1
9	600.0	599.8	399.8	399.6	199.8	199.5
10	597.5	597.8	398.5	398.2	200.1	199.9

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024	
	Випуск 1	Зміна 0	Екземпляр № 1	Арк 87 / 48	

Варіант 7

Номінальні розміри: L=400 мм, W=200 мм, H=200 мм

Допустимі відхилення: $\Delta L = \pm 3$ мм, $\Delta W = \pm 2$ мм, $\Delta H = \pm 2$ мм

№	L ₁ , (мм)	L ₂ , (мм)	W ₁ , (мм)	W ₂ , (мм)	H ₁ , (мм)	H ₂ , (мм)
1	400.1	399.8	199.8	199.4	198.8	198.5
2	399.0	399.2	200.3	199.9	199.9	199.7
3	398.5	398.2	200.0	199.7	200.1	199.9
4	401.2	400.9	199.3	199.0	199.6	199.3
5	399.9	399.6	201.0	200.7	200.0	200.2
6	400.3	399.9	198.9	198.8	198.7	198.5
7	398.7	398.5	200.2	199.8	200.1	199.8
8	401.0	400.6	199.4	199.2	200.3	200.0
9	397.9	398.1	201.1	201.2	199.8	199.5
10	400.6	400.1	200.5	200.0	199.5	199.2

Варіант 8

Номінальні розміри: L=450 мм, W=200 мм, H=200 мм

Допустимі відхилення: $\Delta L = \pm 3$ мм, $\Delta W = \pm 2$ мм, $\Delta H = \pm 2$ мм

№	L ₁ , (мм)	L ₂ , (мм)	W ₁ , (мм)	W ₂ , (мм)	H ₁ , (мм)	H ₂ , (мм)
1	449.6	449.2	199.9	199.5	200.1	199.6
2	450.5	450.2	200.1	200.0	199.3	199.0
3	451.0	450.6	198.9	198.6	199.8	199.7
4	447.9	448.2	201.2	201.0	200.0	200.2
5	452.1	451.8	199.7	199.3	198.9	198.8
6	449.0	449.3	200.0	199.6	199.6	199.4
7	450.8	450.2	200.3	200.2	200.1	199.9
8	449.5	449.1	199.5	199.1	200.2	199.7
9	448.8	448.4	201.0	200.7	200.0	199.8
10	451.2	450.7	199.6	199.5	199.5	199.3

Варіант 9

Номінальні розміри: L=300 мм, W=150 мм, H=150 мм

Допустимі відхилення: $\Delta L = \pm 2$ мм, $\Delta W = \pm 2$ мм, $\Delta H = \pm 2$ мм

№	L ₁ , (мм)	L ₂ , (мм)	W ₁ , (мм)	W ₂ , (мм)	H ₁ , (мм)	H ₂ , (мм)
1	299.5	299.2	149.8	149.5	150.2	150.0
2	300.2	300.1	150.3	150.0	149.8	149.6
3	298.9	299.1	150.1	149.7	150.0	149.8
4	301.0	300.6	148.7	148.5	149.7	149.4
5	300.6	300.4	150.2	149.9	150.2	150.0
6	298.8	298.5	149.5	149.2	149.5	149.2
7	299.7	299.3	148.9	149.0	150.0	149.7
8	300.1	299.8	149.7	149.4	150.3	150.1
9	297.9	298.2	149.1	149.2	149.8	149.4
10	300.4	300.2	150.0	149.8	149.6	149.3

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024	
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 87 / 49	

Варіант 10

Номінальні розміри: L=400 мм, W=200 мм, H=200 мм

Допустимі відхилення: $\Delta L = \pm 3$ мм, $\Delta W = \pm 2$ мм, $\Delta H = \pm 2$ мм

№	L ₁ , (мм)	L ₂ , (мм)	W ₁ , (мм)	W ₂ , (мм)	H ₁ , (мм)	H ₂ , (мм)
1	401.0	400.8	201.2	201.0	199.2	198.9
2	398.5	398.0	199.0	199.1	200.1	200.0
3	399.8	399.2	200.3	200.1	199.5	199.2
4	400.3	399.9	201.0	200.8	200.2	200.0
5	397.9	398.0	199.8	199.5	200.0	199.7
6	400.6	400.1	198.7	198.4	200.3	199.9
7	401.5	401.2	199.5	199.3	199.9	199.5
8	399.0	398.7	200.7	200.5	198.6	198.4
9	398.3	398.0	200.0	199.7	200.1	199.8
10	402.0	401.8	198.9	198.6	200.0	199.6

Варіант 11

Номінальні розміри: L=600 мм, W=300 мм, H=300 мм

Допустимі відхилення: $\Delta L = \pm 4$ мм, $\Delta W = \pm 3$ мм, $\Delta H = \pm 3$ мм

№	L ₁ , (мм)	L ₂ , (мм)	W ₁ , (мм)	W ₂ , (мм)	H ₁ , (мм)	H ₂ , (мм)
1	599.0	598.6	300.1	299.9	299.5	299.3
2	601.2	600.9	300.3	300.0	300.1	299.8
3	602.0	601.7	299.5	299.1	302.1	301.7
4	597.9	598.0	298.8	298.5	300.0	300.1
5	600.5	600.2	299.0	298.8	299.8	299.6
6	599.9	599.5	300.5	300.2	299.9	299.5
7	603.1	602.8	301.0	300.7	300.8	300.5
8	598.6	598.3	299.7	299.2	299.5	299.2
9	599.4	599.0	300.2	299.9	299.2	298.9
10	601.0	600.6	299.9	299.6	300.2	299.8

Варіант 12

Номінальні розміри: L=500 мм, W=200 мм, H=180 мм

Допустимі відхилення: $\Delta L = \pm 3$ мм, $\Delta W = \pm 2$ мм, $\Delta H = \pm 2$ мм

№	L ₁ , (мм)	L ₂ , (мм)	W ₁ , (мм)	W ₂ , (мм)	H ₁ , (мм)	H ₂ , (мм)
1	499.8	499.4	199.5	199.2	179.9	179.5
2	501.0	500.6	200.2	200.1	180.2	179.9
3	499.0	498.8	198.9	198.6	179.5	179.3
4	502.0	501.6	200.5	200.3	180.0	180.1
5	498.5	498.3	199.7	199.3	179.8	179.6
6	501.2	500.9	200.0	199.5	180.1	179.8
7	500.3	500.0	198.5	198.2	179.9	179.7
8	499.7	499.5	200.1	199.8	179.5	179.3
9	498.9	499.0	199.6	199.2	180.2	179.9
10	501.3	500.8	198.9	198.7	179.7	179.3

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024	
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 87 / 50	

Варіант 13

Номінальні розміри: L=400 мм, W=200 мм, H=150 мм

Допустимі відхилення: $\Delta L = \pm 3$ мм, $\Delta W = \pm 2$ мм, $\Delta H = \pm 2$ мм

№	L ₁ , (мм)	L ₂ , (мм)	W ₁ , (мм)	W ₂ , (мм)	H ₁ , (мм)	H ₂ , (мм)
1	401.0	400.7	201.0	200.6	149.2	149.0
2	399.5	399.3	200.2	199.9	150.1	149.8
3	398.8	398.5	198.9	199.0	150.2	150.0
4	400.2	399.9	199.7	199.4	149.6	149.4
5	402.1	401.8	200.4	200.1	150.0	149.8
6	397.8	398.0	199.5	199.3	149.2	149.1
7	399.9	399.6	198.7	198.4	149.9	149.5
8	398.5	398.2	200.1	200.0	149.3	149.0
9	401.3	401.0	199.9	199.7	150.3	150.1
10	397.7	398.0	200.2	200.1	149.5	149.3

Варіант 14

Номінальні розміри: L=600 мм, W=200 мм, H=200 мм

Допустимі відхилення: $\Delta L = \pm 4$ мм, $\Delta W = \pm 2$ мм, $\Delta H = \pm 2$ мм

№	L ₁ , (мм)	L ₂ , (мм)	W ₁ , (мм)	W ₂ , (мм)	H ₁ , (мм)	H ₂ , (мм)
1	601.2	600.8	199.0	198.8	200.1	199.7
2	598.5	598.3	200.5	200.3	198.6	198.4
3	602.0	601.6	198.9	198.7	199.9	199.6
4	597.9	598.2	200.2	199.9	200.2	200.0
5	599.8	599.5	199.5	199.3	199.8	199.5
6	600.3	600.0	200.0	199.6	200.3	200.1
7	603.2	602.8	199.4	199.2	198.9	198.7
8	601.0	600.5	200.2	200.0	200.0	199.8
9	596.9	597.2	199.7	199.4	199.5	199.2
10	602.5	602.1	198.8	198.7	200.1	200.0

Варіант 15

Номінальні розміри: L=350 мм, W=200 мм, H=200 мм

Допустимі відхилення: $\Delta L = \pm 3$ мм, $\Delta W = \pm 2$ мм, $\Delta H = \pm 2$ мм

№	L ₁ , (мм)	L ₂ , (мм)	W ₁ , (мм)	W ₂ , (мм)	H ₁ , (мм)	H ₂ , (мм)
1	349.5	349.2	200.0	199.7	200.1	199.9
2	351.2	351.0	199.4	199.2	198.9	198.6
3	348.9	348.6	200.3	200.1	199.5	199.3
4	350.4	350.2	201.0	200.6	200.0	199.8
5	349.8	349.4	198.9	198.5	200.2	199.7
6	351.0	350.8	200.1	199.9	200.1	199.9
7	347.9	348.0	199.5	199.3	199.8	199.6
8	350.6	350.3	200.4	200.0	200.2	199.8
9	348.8	348.5	198.6	198.3	200.0	199.6
10	351.1	350.7	199.8	199.4	200.3	199.9

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024	
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 87 / 51	

Варіант 16

Номинальні розміри: L=400 мм, W=200 мм, H=200 мм

Допустимі відхилення: $\Delta L = \pm 3$ мм, $\Delta W = \pm 2$ мм, $\Delta H = \pm 2$ мм

№	L ₁ , (мм)	L ₂ , (мм)	W ₁ , (мм)	W ₂ , (мм)	H ₁ , (мм)	H ₂ , (мм)
1	399.9	399.7	200.1	200.0	200.2	199.9
2	400.2	400.0	198.8	198.6	199.5	199.3
3	398.6	398.3	199.9	199.6	199.8	199.6
4	401.1	400.9	200.3	200.2	200.1	200.0
5	398.2	398.0	201.2	201.0	199.9	199.6
6	400.3	399.9	200.0	199.7	200.2	200.0
7	399.0	399.1	199.3	199.0	199.5	199.2
8	401.4	401.0	200.1	200.0	200.3	199.9
9	397.5	397.9	199.0	198.7	198.8	198.5
10	400.6	400.2	200.2	199.8	199.6	199.3

Варіант 17

Номинальні розміри: L=300 мм, W=300 мм, H=300 мм

Допустимі відхилення: $\Delta L = \pm 2$ мм, $\Delta W = \pm 2$ мм, $\Delta H = \pm 3$ мм

№	L ₁ , (мм)	L ₂ , (мм)	W ₁ , (мм)	W ₂ , (мм)	H ₁ , (мм)	H ₂ , (мм)
1	299.6	299.3	300.1	299.7	299.8	299.4
2	301.0	300.6	299.0	298.8	302.0	301.7
3	298.9	298.6	300.2	299.9	300.5	300.1
4	299.5	299.2	299.3	299.1	299.7	299.5
5	300.2	299.9	300.5	300.3	298.5	298.3
6	298.5	298.2	299.9	299.7	300.1	299.8
7	301.2	300.9	298.8	298.6	301.5	301.1
8	299.1	298.7	299.4	299.0	299.2	298.8
9	298.8	299.0	300.3	300.2	299.8	299.3
10	300.5	300.2	299.7	299.3	302.1	301.5

Варіант 18

Номинальні розміри: L=400 мм, W=200 мм, H=100 мм

Допустимі відхилення: $\Delta L = \pm 2$ мм, $\Delta W = \pm 2$ мм, $\Delta H = \pm 2$ мм

№	L ₁ , (мм)	L ₂ , (мм)	W ₁ , (мм)	W ₂ , (мм)	H ₁ , (мм)	H ₂ , (мм)
1	399.0	398.8	200.2	200.0	100.1	99.8
2	401.2	400.9	199.5	199.2	99.7	99.5
3	398.5	398.3	200.3	200.2	100.0	99.6
4	400.0	399.7	198.9	198.7	100.3	100.0
5	398.8	398.6	200.5	200.2	99.5	99.3
6	399.7	399.4	199.7	199.6	100.1	99.8
7	401.0	400.7	200.1	199.8	100.2	99.9
8	397.5	397.9	198.8	198.6	99.7	99.3
9	400.6	400.2	200.4	200.1	100.1	99.6
10	398.2	398.0	199.2	198.9	99.9	99.5

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024	
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 87 / 52	

Варіант 19

Номинальні розміри: L=500 мм, W=200 мм, H=200 мм

Допустимі відхилення: $\Delta L = \pm 3$ мм, $\Delta W = \pm 2$ мм, $\Delta H = \pm 2$ мм

№	L ₁ , (мм)	L ₂ , (мм)	W ₁ , (мм)	W ₂ , (мм)	H ₁ , (мм)	H ₂ , (мм)
1	499.1	499.5	199.5	199.3	199.8	199.5
2	500.8	500.5	200.2	199.9	200.3	200.0
3	501.2	500.8	198.8	198.6	199.6	199.3
4	498.9	498.7	200.1	199.8	199.7	199.5
5	500.2	499.9	199.3	199.0	200.0	199.7
6	501.0	500.6	200.5	200.2	200.1	199.6
7	499.7	499.4	198.9	198.7	199.5	199.2
8	500.0	499.6	199.0	198.8	199.8	199.4
9	498.5	498.2	199.5	199.4	199.9	199.6
10	501.4	501.0	200.1	199.8	199.6	199.2

Варіант 20

Номинальні розміри: L=600 мм, W=400 мм, H=300 мм

Допустимі відхилення: $\Delta L = \pm 4$ мм, $\Delta W = \pm 3$ мм, $\Delta H = \pm 3$ мм

№	L ₁ , (мм)	L ₂ , (мм)	W ₁ , (мм)	W ₂ , (мм)	H ₁ , (мм)	H ₂ , (мм)
1	598.5	598.2	399.8	399.4	299.6	299.2
2	602.0	601.7	401.2	400.8	300.4	299.9
3	599.1	598.8	399.5	399.2	299.9	299.5
4	597.7	598.0	398.7	398.4	298.5	298.2
5	601.4	601.2	400.9	400.6	300.1	299.6
6	600.0	599.7	399.4	399.2	299.5	299.2
7	603.2	602.8	400.3	399.9	301.0	300.6
8	600.6	600.2	401.0	400.7	300.8	300.4
9	596.9	597.2	398.8	398.5	299.3	298.8
10	601.9	601.6	399.5	399.2	300.0	299.7

Порядок виконання завдання

Перевірка відповідності допустимим відхиленням розпочинається з аналізу вихідних даних, для чого виписуємо номінальні розміри (L=400 мм, W=200 мм, H=200 мм) та допустимі відхилення ($\Delta L = \pm 3$ мм, $\Delta W = \pm 2$ мм, $\Delta H = \pm 2$ мм).

Для кожного зразка (1...10) виконується перевірка, чи задовольняють виміряні значення L, W, H умові:

$$|L_i - 400| \leq 3, \quad |W_i - 200| \leq 2, \quad |H_i - 200| \leq 2$$

Обчислення середнього значення та середньоквадратичного відхилення довжини L, що має бути виконано для одного і іншого методу вимірювання виміряної:

$$\bar{L}_{\text{метод1}} = \frac{\sum_{i=1}^n L_i}{n}$$

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 87 / 53

$$\varepsilon_{L_{\text{метод1}}} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (L_i - \bar{L}_{\text{метод1}})^2}$$

$$\bar{L}_{\text{метод2}} = \frac{\sum_{i=1}^n L_i}{n}$$

$$\varepsilon_{L_{\text{метод2}}} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (L_i - \bar{L}_{\text{метод2}})^2}$$

Аналогічні розрахунки виконуються для W1, W2, H1, H2.

Порівняння результатів двох методів

Проаналізувати різницю між: $\bar{L}_{\text{метод1}}$ та $\bar{L}_{\text{метод2}}$. Звернути увагу на величини середньоквадратичних відхилень (чим менші, тим метод точніший або результати більш стабільні). Проаналізувати, чи є суттєве систематичне зміщення між методами.

Відсоток забракованих виробів. Якщо m виробів із 10 вийшли за межі допустимих відхилень, то відсоток браку:

$$\%_{\text{браку}} = \frac{m}{10} \cdot 100\%$$

Формулювання висновків (орієнтовні аспекти):

- якість партії виробів: чи більшість зразків відповідає технічним умовам?
- порівняння методів: який метод виявився швидшим/зручнішим/більш точним?
- причини відхилень (недотримання технології виготовлення, усадка матеріалу, помилки у вимірюваннях).
- рекомендації: як покращити точність контролю, зменшити відхилення тощо.

Питання для самоперевірки

1. Що таке система управління якістю (СУЯ), і яку роль вона відіграє у будівництві?
2. Які основні принципи управління якістю визначені стандартом ISO 9001?
3. Що таке ДСТУ ISO 9001:2015, і як він регулює управління якістю у будівництві?
4. Як побудована структура стандарту ISO 9001?
5. Що таке процесний підхід у системі управління якістю?

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 87 / 54

6. Які основні етапи впровадження системи управління якістю на будівельному підприємстві?
7. Що таке документовані процедури у СУЯ, і чому вони важливі?
8. Як проводиться внутрішній аудит системи управління якістю у будівництві?
9. Що таке політика у сфері якості, і які її основні елементи?
10. Яким чином здійснюється аналіз ризиків у СУЯ?
11. Що таке коригувальні дії у системі управління якістю, і як вони впроваджуються?
12. Як визначити цілі у сфері якості для будівельної організації?
13. Що таке постійне покращення, і як його забезпечує система управління якістю?
14. Яка роль керівництва організації у впровадженні та підтриманні СУЯ?
15. Що таке сертифікація системи управління якістю, і які переваги вона дає будівельній організації?
16. Які ключові показники ефективності використовуються для оцінки якості у будівництві?
17. Як система управління якістю допомагає уникати будівельних дефектів?
18. Які стандарти ISO пов'язані із будівельною галуззю, крім ISO 9001?
19. Що таке залученість персоналу, і чому вона важлива для ефективності СУЯ?
20. Які приклади успішного впровадження СУЯ у будівництві можна навести?

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 87 / 55

Тема 7. Контроль якості ущільнення ґрунтів

Мета роботи. Навчитися аналізувати результати лабораторних та польових випробувань при визначенні ступеня ущільнення ґрунту. Опанувати методи обґрунтування параметрів ущільнення та розрахунку оптимальних режимів його виконання на практиці.

Теоретичні відомості

Ущільнення – найдешевший і найефективніший спосіб підвищення міцності та стійкості ЗП, зменшення деформативності й фільтрації, ліквідації небажаних властивостей ґрунтів.

Зменшення кількості пор в одиниці об'єму ґрунту називають консолідацією чи ущільненням. Різниця між термінами – в тому, що консолідація – це відносно повільне зменшення пористості у часі від статичного тиску, яке може супроводжуватись витисненням води з пор (зменшення пористості ґрунту під спорудою), а до ущільнення звичайно відносять швидке зменшення пористості, виконане механічними засобами за кілька циклів, котре, як правило, має динамічний вплив на ґрунт (ущільнення ЗП катком, трамбівкою).

Метою ущільнення є створення нової, більш досконалої, структури й текстури ґрунту. Зв'язні і незв'язні ґрунти ущільнюються по-різному. В зв'язних ґрунтах мінеральні частки й агрегати розділені між собою водними плівками, в яких вода перебуває під впливом міжмолекулярних сил, що визначає їх підвищену в'язкість і опір зрушенню.

Характерними особливостями штучно створеної структури ґрунту ЗП є багатокомпонентність і наявність агрегатів різних розмірів. Набуті показники фізико-механічних властивостей ґрунтової композиції, їх подальша змінність або стабільність у період експлуатації ЗП залежить від оптимальності укомплектування агрегатів, розмірів, стану (консистенції) і міцності агрегатів.

Принципове значення має стан самих агрегатів, їх щільність-вологість у природному заляганні, консистенція. При вологості, близькій за нормами до оптимальної, що відповідає твердій консистенції глинистих ґрунтів, виникають достатньо крихкі агрегати, легко подрібнювані робочими органами землерийних машин до досить малих розмірів, при ущільненні вони піддаються створенню оптимальних упаковок. З ростом природної вологості збільшуються розміри агрегатів, їх консистенція, виникають складнощі з формуванням в насипу штучної структури робочими органами ущільнюючих машин. Суттєво змінюється фазовий склад ґрунту. Це дає підстави говорити про можливі різноманітні варіанти штучної структури ґрунту із визначеними характерними ознаками залежно від щільності-вологісті. Саме вони й повинні моделюватись при випробуваннях ґрунтів.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 87 / 56

Коли тиск на ґрунт зростає, взаємно зміщуються агрегати часток, потім зміщуються частки всередині агрегатів, бо зчеплення всередині їх перевищує зчеплення між ними. При цьому частки і агрегати спочатку дотикаються один до одного водно-колоїдними плівками, які на контактах починають сприймати місцевий тиск, через що товщина плівок на контактах зменшується, тобто плівкова вода витискується з більш напружених місць у менш напружені (їх міцність зростає). Якщо зусилля на контактах між частками й агрегатами перевищують граничний опір плівок зрушенню, ґрунт руйнується. В товстих плівках сили міжмолекулярної взаємодії слабші, через що плівки чинять менший опір. Тому граничний опір зрушенню, модулі пружності й деформації зменшуються зі збільшенням вологості.

Таким чином, за тривалого тиску збільшиться кількість контактів між частками, а навантаження на кожний окремий контакт зменшиться. При збільшенні щільності зростає і опір ґрунту зрушенню, модуль пружності й деформації. Тому ущільнення сприяє зростанню міцності ґрунту ЗП.

У дорожньому будівництві переважають три методи ущільнення ґрунтів (табл. 7.1): укочування; трамбування; віброущільнення. Найбільш популярне серед них для ущільнення ґрунтів ЗП – укочування. Тому проаналізуємо лише його сучасні види. Застосовують різні катки: вальцеві; кулачкові; гратчасті; на пневмошинах, – які є найбільш поширеними.

Дія на ґрунт пневматичних і вальцьових катків різна. При навантаженні площа відбитку пневмоколеса значно більша, ніж вальця. Тому час дії на ґрунт у пневмокотків більший, тиск більш рівномірно розподіляється по площі контакту, а напруження в ґрунті поширюються на більшу глибину.

Кулачкові катки можуть застосовуватися для ущільнення грудкуватих ґрунтів. Кулачки подрібнюють грудки й утворюють однорідну структуру ґрунту за товщиною шару. Верхню зону насипу ущільнювати цими катками недоцільно, бо кулачки розпушують ґрунт. Для такого випадку підходять вальцеві катки, що створюють рівну й гладку поверхню.




При ущільненні необхідно створити міцну структуру ґрунту. Якщо напруження за укочування перевищують межу міцності ґрунту, його щільність зменшується, а структура руйнується.

Спочатку (на прикочуванні) використовують легкі (до 12 т) катки, а після 3 – 4 проходів (остаточне ущільнення) – більш важкі (не легші за 25 т), бо спочатку опір ґрунту ущільненню менший. Легкі катки варто застосовувати в межах 30 – 40% загальної кількості проходів. Катки рухаються за круговою та човниковою схемами. Ефективність ущільнення залежить від швидкості руху катка. Чим швидше він рухається, тим більше разів проїде за одним слідом, і зросте його продуктивність. Та коли швидкість укочування зростає, зменшується час впливу катка на ґрунт. Тому надмірна швидкість шкідлива. Останні проходи катка виконують на найменшій швидкості.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 87 / 57

Таблиця 7.1

Методи ущільнення ґрунтів у будівництві

Метод ущільнення	Ущільнюючий механізм	Тип ґрунту	Принцип дії	Зовнішній вигляд
Укочування	<ul style="list-style-type: none"> – самохідні катки на пневмоколісному ходу, – причіпні катки (кулачкові, гладко вальцеві, комбінованого типу), – завантажені скрепери, автомашини (самоскиди), трактори 	для всіх видів насипних, піщаних, глинистих, великоуламкових ґрунтів	зусилля ущільнення досягається за рахунок високих контактних напружень, які створюються силою тяжіння катка та баластного привантаження на площині (лінії) кочення (до 8 МПа)	
Віброущільнення поверхневе	вірокатки, вібратори площадочні	незв'язні та малозв'язні ґрунти (глинистих фракцій не більше 6%), а також піщаногравелістні ґрунти	циліндричні вальці, які при русі катка здійснюють вертикальні віброуючі рухи. За рахунок вібрації відбувається утрамбування та ущільнення поверхні ґрунту, по якому рухається віброкаток	
Поверхнєве ущільнення (трамбування)	трамбууючі плити вагою 20 – 30 кН, які скидують з висоти 4 – 6 м за допомогою крана	переважно зв'язні ґрунти з явно вираженою пластичною деформативністю	ущільнення виконують вільним скиданням за допомогою кранаескаватора з висоти 5...10 м трамбівок діаметром 1,2...3,5 м і вагою 25...150 кН	

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 87 / 58

Метод ущільнення	Ущільнюючий механізм	Тип ґрунту	Принцип дії	Зовнішній вигляд
Глибинне ущільнення	глибинні вібратори	піщані ґрунти, особливо у водонасиченому стані	вібратор, підвішений до несучої конструкції установки, розміщений вертикально над місцем занурення під дією власної ваги занурюється на задану глибину	

При ущільненні слід забезпечити: однорідність ґрунтів у шарах різання та відсіпки; однорідність вологості та товщини шарів при ущільненні; середню вологість, щільність і рівність шарів; водовідведення під час проведення робіт.

Контактний тиск протягом ущільнення повинен бути близьким до межі міцності ґрунту. При перевищенні цієї межі може виникати місцеве розущільнення (хвилеутворення перед колесами, витиснення ґрунту вбік від трамбівки). Якщо контактний тиск недостатній, високої щільності не досягти ні зменшенням товщини шару, ні збільшенням числа проходів одним слідом.

Таблиця 7.2

Значення оптимальної вологості та щільності ґрунту

Вид ґрунту	Діапазони	
	оптимальної вологості w_{opt} , %	щільності ґрунту ρ_d , т/м ³
Пісок крупний та середньої крупності	8...12	1,75...1,95
Пісок дрібний	9...15	1,65...1,85
Пісок пилюватий	14...23	1,6...1,82
Суглинок важкий	15...22	1,6...1,8
Суглинок пилюватий	17...23	1,58...1,78
Глина	18...25	1,55...1,75

Практичне завдання

Ви отримаєте виробничу ситуацію, яка імітує реальні умови будівельних об'єктів. У кожній із ситуацій наведено:

- характеристика ділянки (тип ґрунту, наявність ґрунтових вод, рельєф);
- умови ущільнення (тип техніки, інтервал вологості, товщина шару ґрунту);

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 87 / 59

- проміжні дані контролю (результати випробувань в лабораторії та/або в польових умовах).

На основі вихідних даних виконайте розрахунок коефіцієнта відносного ущільнення, або ступеня ущільнення, враховуючи оптимальну вологість. Проаналізуйте, наскільки фактична вологість відрізняється від оптимальної. Якщо різниця суттєва, поясніть, як це впливає на процес ущільнення. Визначте, чи відповідає фактично досягнута щільність нормативним вимогам. Якщо ні – запропонуйте рекомендації (зміна кількості проходів техніки, корекція вологості, вибір іншого обладнання для ущільнення, тощо).

Вихідні дані до виконання завдання

Варіант 1

Характеристика ділянки: Верхній шар – суглинок середньої пластичності; глибина залягання ґрунтових вод – 2,0 м; рівний рельєф.

Умови ущільнення: тип техніки – вібраційний коток середньої маси (7–8 т); товщина шару – 30 см; інтервал вологості: 10–12%.

Проміжні дані контролю: оптимальна вологість (лабораторне визначення) $w_{opt}=10,5\%$; максимальна суха щільність $\rho_{d,max}=1,82 \text{ г/см}^3$; фактична вологість шару після зволоження: $w=11,2\%$; фактична суха щільність (польовий контроль): $\rho_d=1,74 \text{ г/см}^3$.

Варіант 2

Характеристика ділянки: піщаний ґрунт із домішками гравію ($\approx 20\%$), ґрунтові води відсутні на глибині 4 м; невеликий ухил (3–5%).

Умови ущільнення: тип техніки – вібраційний коток важкого типу (10 т); товщина шару – 20 см; інтервал вологості: 5–9%.

Проміжні дані контролю: $w_{opt} = 7,5\%$; $\rho_{d,max} = 1,92 \text{ г/см}^3$; фактична вологість: $w = 6,0\%$; $\rho_d = 1,77 \text{ г/см}^3$.

Варіант 3

Характеристика ділянки: глинистий ґрунт високої пластичності, рівень ґрунтових вод – 1,8 м; ділянка під будівництво промислового складу.

Умови ущільнення: тип техніки – пневмоколісний коток; товщина шару – 20 см; інтервал вологості: 15–20%.

Проміжні дані контролю: $w_{opt} = 16,2\%$; $\rho_{d,max} = 1,75 \text{ г/см}^3$; фактична вологість: $w = 14,0\%$; $\rho_d = 1,55 \text{ г/см}^3$.

Варіант 4

Характеристика ділянки: супіщаний ґрунт, ґрунтові води – 3,0 м; рельєф рівний.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 87 / 60

Умови ущільнення: тип техніки – ручний вібротрамбувач (для важкодоступних зон); товщина шару – 15 см; інтервал вологості: 10–13%.

Проміжні дані контролю: $w_{opt} = 12,0\%$; $\rho_{d,max} = 1,80 \text{ г/см}^3$; фактична вологість: $w = 11,8\%$; $\rho_d = 1,68 \text{ г/см}^3$.

Варіант 5

Характеристика ділянки: піщаний ґрунт середньої крупності, рівень ґрунтових вод – 2,0 м; улаштування дорожньої основи.

Умови ущільнення: тип техніки – вібраційний коток з можливістю регулювання амплітуди; товщина шару – 30 см; інтервал вологості: 6–10%.

Проміжні дані контролю: $w_{opt} = 8,5\%$; $\rho_{d,max} = 1,88 \text{ г/см}^3$; фактична вологість: $w = 9,5\%$; $\rho_d = 1,79 \text{ г/см}^3$.

Варіант 6

Характеристика ділянки: суглинок із дрібними включеннями щебеню (до 10%), глибина ґрунтових вод – 3,5 м; помірний ухил (5%).

Умови ущільнення: тип техніки – віброущільнювач (легкий); товщина шару – 20 см; інтервал вологості: 11–14%.

Проміжні дані контролю: $w_{opt} = 12,5\%$; $\rho_{d,max} = 1,84 \text{ г/см}^3$; фактична вологість: $w = 13,0\%$; $\rho_d = 1,65 \text{ г/см}^3$.

Варіант 7

Характеристика ділянки: торф'янистий слабкий ґрунт, низька несуча здатність; будівництво заплановане з підсиленням основи.

Умови ущільнення: використання геотекстилю та насипу з привізного піску (шар 25 см); працює важкий вібраційний коток (10–12 т).

Проміжні дані контролю: $w_{opt} = 7,5\%$ (для піску); $\rho_{d,max} = 1,90 \text{ г/см}^3$; фактична вологість: $w = 10,0\%$; $\rho_d = 1,72 \text{ г/см}^3$.

Варіант 8

Характеристика ділянки: суглинок легкої пластичності, ґрунтові води на глибині 4,0 м; облаштування фундаментної подушки для приватного будинку.

Умови ущільнення: тип техніки – ручна виброплита; товщина шару – 15 см; оптимальна вологість: близько 11–12%.

Проміжні дані контролю: $w_{opt} = 11,5\%$; $\rho_{d,max} = 1,78 \text{ г/см}^3$; фактична вологість: $w = 12,3\%$; $\rho_d = 1,66 \text{ г/см}^3$.

Варіант 9

Характеристика ділянки: ґрунт суглинистий, але дуже неоднорідний (зони суглинку та глини). Приблизна глибина ґрунтових вод – 2,0 м.

Умови ущільнення: використовується змішаний підхід – кілька проходів важким катком + доущільнення виброплитою країв. Товщина шару – 25 см.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 87 / 61

Проміжні дані контролю: $w_{opt} = 13,5\%$ (за середнім показником); $\rho_{d,max} \approx 1,80 \text{ г/см}^3$; фактична вологість у різних місцях: 12%, 15%, 13%; фактична щільність: 1,72 / 1,65 / 1,70 г/см^3 (залежно від локації).

Варіант 10

Характеристика ділянки: Крупнозернистий піщано-гравійний матеріал (для відсіпки під дорожню основу), води нижче 5 м.

Умови ущільнення: важкий вібраційний коток (до 12 т) + тандемний коток для фінішного ущільнення. Товщина шару – 30 см.

Проміжні дані контролю: $w_{opt} = 6,5\%$; $\rho_{d,max} = 2,00 \text{ г/см}^3$; фактична вологість: $w = 5,5\%$; $\rho_d = 1,85 \text{ г/см}^3$.

Варіант 11

Характеристика ділянки: Замулений суглинок після дощів, рівень води – 2,5 м; ділянка призначена для паркувального майданчика.

Умови ущільнення: попереднє просушування шару (на 2–3 дні), далі робота середнім віброкотком. Товщина шару – 20 см.

Проміжні дані контролю: $w_{opt} = 12,0\%$; $\rho_{d,max} = 1,76 \text{ г/см}^3$; фактична вологість: $w = 14,0\%$; $\rho_d = 1,62 \text{ г/см}^3$.

Варіант 12

Характеристика ділянки: Глинистий ґрунт, значна пластичність, ділянка в низині; необхідне підвищення рівня ґрунту насипом.

Умови ущільнення: застосування потужного пневмоколісного котка. Товщина шару – 20 см.

Проміжні дані контролю: $w_{opt} = 17,0\%$; $\rho_{d,max} = 1,70 \text{ г/см}^3$; фактична вологість: $w = 15,8\%$; $\rho_d = 1,60 \text{ г/см}^3$.

Варіант 13

Характеристика ділянки: Супіщаний ґрунт; пригорбкуватий рельєф; відстань до ґрунтових вод > 5 м.

Умови ущільнення: працює вібраційний коток середньої маси (8 т), проходить 6 разів по кожній смузі. Товщина шару – 25 см.

Проміжні дані контролю: $w_{opt} = 9,0\%$; $\rho_{d,max} = 1,85 \text{ г/см}^3$; фактична вологість: $w = 8,0\%$; $\rho_d = 1,68 \text{ г/см}^3$.

Варіант 14

Характеристика ділянки: Дрібнозернистий пилюватий пісок, ділянка під пішохідну зону парку, води на глибині 3 м.

Умови ущільнення: ручна віброплита + зрошення водою перед ущільненням. Товщина шару – 15 см.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 87 / 62

Проміжні дані контролю: $w_{opt} = 8,0\%$; $\rho_{d,max} = 1,88 \text{ г/см}^3$; фактична вологість: $w = 9,2\%$; $\rho_d = 1,72 \text{ г/см}^3$.

Варіант 15

Характеристика ділянки: Суглинок із підвищеним вмістом органічних домішок (~5%), рівень ґрунтових вод – 3,0 м.

Умови ущільнення: попередня стабілізація вапном (2–3% від маси), потім ущільнення важким віброкатком. Товщина шару – 20 см.

Проміжні дані контролю: $w_{opt} = 11,0\%$; $\rho_{d,max} = 1,76 \text{ г/см}^3$; фактична вологість: $w = 10,0\%$; $\rho_d = 1,60 \text{ г/см}^3$.

Варіант 16

Характеристика ділянки: Супісок, велика кількість дощів, ділянка під автостоянку.

Умови ущільнення: використання геосітки, дренажних каналів; ущільнення віброкатком. Товщина шару – 20 см.

Проміжні дані контролю: $w_{opt} = 9,5\%$; $\rho_{d,max} = 1,84 \text{ г/см}^3$; фактична вологість: $w = 11,0\%$; $\rho_d = 1,68 \text{ г/см}^3$.

Варіант 17

Характеристика ділянки: Досить щільний природний піщано-гравійний ґрунт, проте є необхідність його доущільнити; вода нижче 4 м.

Умови ущільнення: використання лише тандемного котка (відсутність можливості застосувати вібраційний). Товщина шару – 30 см.

Проміжні дані контролю: $w_{opt} = 6,5\%$; $\rho_{d,max} = 1,95 \text{ г/см}^3$; фактична вологість: $w = 7,0\%$; $\rho_d = 1,80 \text{ г/см}^3$.

Варіант 18

Характеристика ділянки: Глинистий ґрунт із частковим замуленням, помірна пластичність; ґрунтові води на 2,0 м.

Умови ущільнення: пневмоколісний коток + підсіпка піском перед кожним проходом (для зменшення липкості). Товщина шару – 20 см.

Проміжні дані контролю: $w_{opt} = 15,0\%$; $\rho_{d,max} = 1,72 \text{ г/см}^3$; фактична вологість: $w = 14,5\%$; $\rho_d = 1,58 \text{ г/см}^3$.

Варіант 19

Характеристика ділянки: Піщаний сипучий матеріал дрібної крупності, потенційна проблема з вітровою ерозією, води – глибше 5 м.

Умови ущільнення: попереднє змочування та ущільнення важким віброкатком. Товщина шару – 15 см.

Проміжні дані контролю: $w_{opt} = 8,0\%$; $\rho_{d,max} = 1,90 \text{ г/см}^3$; фактична вологість: $w = 6,5\%$; $\rho_d = 1,70 \text{ г/см}^3$.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 87 / 63

Варіант 20

Характеристика ділянки: Суглинок середньої пластичності, на ділянці влаштовується насип під майбутній насіннєвий склад; ґрунтові води – 2,2 м.

Умови ущільнення: комбінована схема: 2 проходи вібраційним котком + 3 проходи пневмоколісним. Товщина шару – 20 см.

Проміжні дані контролю: $w_{opt} = 12,5\%$; $\rho_{d,max} = 1,82 \text{ г/см}^3$; фактична вологість: $w = 13,2\%$; $\rho_d = 1,66 \text{ г/см}^3$.

Приклад виконання завдання

Характеристика ділянки: верхній шар – суглинок середньої пластичності, рівень ґрунтових вод – 2,5 м, рельєф рівний.

Умови ущільнення: тип техніки – вібраційний коток середньої маси (7–8 т); товщина шару – 25 см; інтервал вологості: 9–12%.

Проміжні дані контролю: оптимальна вологість (лабораторне визначення) $w_{opt} = 10,5\%$; максимальна суха щільність $\rho_{d,max} = 1,82 \text{ г/см}^3$; фактична вологість шару після зволоження $w = 11,2\%$; фактична суха щільність (польовий контроль): $\rho_d = 1,74 \text{ г/см}^3$.

Крок 1. Аналіз фактичної та оптимальної вологості

Оптимальна вологість за лабораторними даними: $w_{opt} = 10,5\%$.

Фактична вологість: $w = 11,2\%$.

Різниця: $11,2\% - 10,5\% = 0,7\%$.

Це незначне перевищення оптимальної вологості (на 0,7%). Зазвичай у межах $\pm 1\%$ від w_{opt} може бути досягнуто якісним ущільненням.

Крок 2. Розрахунок відносного ущільнення

За результатами лабораторних випробувань: $\rho_{d,max} = 1,82 \text{ г/см}^3$.

Фактично отримана щільність: $\rho_d = 1,74 \text{ г/см}^3$.

Відносне ущільнення (коефіцієнт ущільнення):

$$K_y = \frac{\rho_d}{\rho_{d,max}} \cdot 100\% = \frac{1,74}{1,82} \cdot 100\% = 95,6\%$$

Крок 3. Порівняння з нормативними вимогами

Припустимо, що за умовами проекту чи згідно з ДБН/ДСТУ потрібне ущільнення не менше 95%. $K_y \approx 95,6\%$ відповідає нормативу.

Крок 4. Висновки щодо ефективності поточної технології

Отримане ущільнення в межах вимог. Необхідно переконатися, що вся площа ущільнена рівномірно; можна збільшити кількість проходів котка на 1–2 для гарантованого запасу, або проконтролювати додатково крайові зони.

Крок 5. Рекомендації для покращення або підтримання рівня ущільнення

Вологість: 11,2% – дещо вище оптимальної, але все ще прийнятна. Якщо планується ущільнення в нижніх шарах, бажано не перевищувати 12%.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 87 / 64

Техніка: вібраційний коток середньої маси достатній, можна використати додаткові проходи для найбільш відповідальних зон (наприклад, під фундаментами колон).

Утримання вологи: якщо погода суха, шар може швидко пересихати. Варто перевіряти вологість повторно, якщо ущільнення триває декілька днів.

Таким чином, ущільнення достатнє, жодних суттєвих коригувань не потрібно, окрім ретельного моніторингу вологості та контрольних вимірювань щільності через рівні інтервали.

Питання для самоперевірки

1. Що означає термін "ефективність управління якістю"?
2. Які показники використовуються для оцінки ефективності управління якістю у будівництві?
3. Що таке коефіцієнт відповідності якості, і як він розраховується?
4. Як визначається рівень дефектності будівельної продукції?
5. Що таке інтегральний показник якості, і як він застосовується у будівництві?
6. Як впливають витрати на якість на ефективність будівельного підприємства?
7. Які існують методи аналізу витрат на якість?
8. Що таке модель управління витратами на якість?
9. Як проводиться аналіз ризиків при оцінці ефективності управління якістю?
10. Яким чином залучення персоналу впливає на ефективність управління якістю?
11. Що таке аудит якості, і як він допомагає оцінити ефективність управління якістю?
12. Яка роль зворотного зв'язку із замовниками у підвищенні якості будівельної продукції?
13. Як використання сучасних технологій сприяє підвищенню ефективності управління якістю?
14. Що таке система показників КРІ для управління якістю у будівництві?
15. Як аналіз скарг клієнтів допомагає оцінити ефективність управління якістю?
16. Які методи моніторингу та оцінки ефективності СУЯ використовуються у будівництві?
17. Що таке метод PDCA, і як він застосовується для покращення якості?
18. Як система управління якістю допомагає знизити витрати на виправлення дефектів?
19. Які ключові аспекти потрібно враховувати при розробці планів покращення якості?
20. Яким чином система управління якістю сприяє підвищенню конкурентоспроможності будівельної компанії?

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 87 / 65

Тема 8. Контроль міцності бетону на стиск неруйнівними методами випробувань

Мета роботи. Ознайомитися з методами неруйнівного контролю міцності бетону, навчитися використовувати відповідне обладнання, проводити аналіз отриманих даних.

Теоретичні відомості

Міцність бетону є основною його характеристикою, яка визначає несучу здатність бетонних та залізобетонних конструкцій. Мірою міцності є границя міцності – максимальне напруження при якому має місце руйнування матеріалу.

Міцність бетону визначають вимірюванням зусиль, що приводять до руйнування спеціально виготовлених, а також вибурених або випиляних із конструкцій зразків при їх навантаженні зі сталою швидкістю. Поряд з прямими методами визначення міцності на зразках бетону застосовують різні методи непрямого визначення його міцності безпосередньо у виробках або конструкціях без їх руйнування.

Величина показника міцності зразків залежить від характеру прикладених зусиль. Найважливішим міцнісним показником бетону є його міцність на стиск. З іншими міцнісними показниками: міцністю при розтязі, зрізі, сколюванні та ін. вона пов'язана кореляційними залежностями.

Міцність бетону при застосуванні неруйнівних методів визначають за попередньо встановленими градувальними залежностями між міцністю зразків на стиск та непрямими характеристиками міцності. Розрізняють механічні та фізичні неруйнівні методи (рис. 8.1). Механічні методи базуються на кореляційних зв'язках між міцністю та іншими механічними характеристиками бетону (твердістю, пружністю, здатністю до пластичних деформацій та ін.), а також зусиллями, що викликають його місцеві руйнування. При фізичних методах застосовуються кореляційні зв'язки міцності бетону зі швидкістю розповсюдження в ньому ультразвукових хвиль та деякими іншими фізичними характеристиками (частотою коливаль, інтенсивністю гама- опромінювання при проходженні крізь бетон та ін.). Із фізичних методів на практиці застосовується ультразвуковий метод.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміна 0	Екземпляр № 1	Арк 87 / 66



Рис. 8.1. Класифікація методів неруйнівного контролю

Відповідно до ДСТУ Б В. 2.7 – 220:2009 непрямыми характеристиками міцності при застосуванні механічних неруйнівних методів можуть бути:

- значення відскоку бойка від поверхні бетону (або притиснутого до неї ударника);
- параметр ударного імпульсу (енергія удару);
- розміри відбитку на бетоні (діаметр, глибина тощо) або співвідношення діаметрів відбитків на бетоні і стандартному зразку при ударі чи вдавлюванні індентора в поверхню бетону;
- значення напруження, необхідного для місцевого руйнування бетону при відриві приклеєного до нього металевого диска;
- значення зусилля, необхідного для сколювання ділянки бетону на ребрі конструкції;
- значення зусилля місцевого руйнування бетону при вириванні з нього анкерного пристрою.

Механічні методи неруйнівного контролю застосовують для визначення всіх видів нормованої міцності, а також при прийманні конструкцій та їх обстеженні. Область застосування Рис. 8.1. Класифікація методів неруйнівного контролю міцності бетону 5 того чи іншого методу залежить від граничних значень вимірюваної міцності (табл. 8.1).

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 87 / 67

Таблиця 8.1

Граничні значення бетону при застосуванні механічних неруйнівних методів

Найменування методу	Граничні значення міцності бетону, МПа
Пружний відскок і пластична деформація	5-50
Ударний імпульс	10-70
Відрив	5-60
Сколювання ребра	10-70
Відрив зі сколюванням	5-100

Випробування виконують при плюсовій температурі бетону. При обстеженні конструкцій допускається визначати міцність при від'ємній температурі, але не нижче ніж -10°C за умови, що до моменту заморожування конструкція знаходилась не менше одного тижня при плюсовій температурі та відносній вологості повітря не більше ніж 75 %.

Для контролю відпускнуї або передавальної міцності бетону збірних конструкцій неруйнівними методами від партії відбирають 10% конструкцій, але не менше трьох. Для визначення міцності бетону монолітних конструкцій у проміжному віці контролюють не менше однієї конструкції із об'єму бетону, укладеного протягом доби (або частини конструкції у випадку, коли її бетонування виконувалось більше однієї доби). На кожній збірній конструкції, що відібрана для визначення міцності бетону неруйнівними методами, вибирають не менше двох, а для монолітної – не менше чотирьох контрольних ділянок. Ділянка повинна мати площу від 100 до 600 cm^2 . Кількість та розташування контрольних ділянок визначає проектна організація в робочих кресленнях конструкцій залежно від геометричних розмірів, призначення і технології їх виготовлення, і має бути не менше:

- для лінійних конструкцій – однієї ділянки на 4 м довжини;
- для плоских конструкцій, за виключенням монолітних конструкцій суцільних стін – однієї ділянки на 4 m^2 площі;
- для монолітних конструкцій суцільних стін – однієї ділянки на 8 m^2 площі.

При статистичному контролю міцності бетону, яка визначена неруйнівними методами, для розрахунків середнього квадратичного відхилення S_m , якщо за одиночне значення приймають середню міцність бетону конструкції f_{ci} застосовують формулу:

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 87 / 68

$$S_m = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f_{ci} - \bar{f}_{cm})^2}{n-1} + \frac{S_n^2}{p}}$$

де \bar{f}_{cm} – середня міцність бетону в партії конструкцій;

n – число конструкцій в партії;

S_n – середнє квадратичне відхилення градууювальної залежності;

p – число контрольованих ділянок у конструкції.

Метод пружного відскоку. Принцип дії приладів за методом пружного відскоку - склерометрів (молотки Шмідта, рис. 8.2) полягає в тому, що спеціальним ударником наноситься удар по сферичному штампу, притисненому до бетону. Величина відскоку ударника характеризує твердість бетону, залежно від якої за допомогою градууювальної кривої розраховують міцність при стиску.

В приладах, де реалізується метод ударного імпульсу, реєструється енергія, що виникає в момент удару бойка по поверхні бетону. Електронний блок, який міститься в цих приладах по параметрах ударного імпульсу, що надходять від склерометру, оцінює твердість і пружно-пластичні властивості матеріалу і встановлює відповідний клас бетону за міцністю.



Рис. 8.2. Приклад молотка Шмідта

Ультразвуковий метод. Цей метод базується на зв'язку між міцністю бетону та швидкістю поширення ультразвукових коливань. Цей метод застосовують для прискореного визначення міцності бетону на стиск класів С8/10...С30/37 збірних і монолітних конструкцій і споруд. Його застосовують також для визначення міцності бетону в пресі тверднення в теплових установках або в природних умовах. Ультразвукові вимірювання в бетоні виконують наскрізним або поверхневим способами (рис. 8.3).

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015		Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1

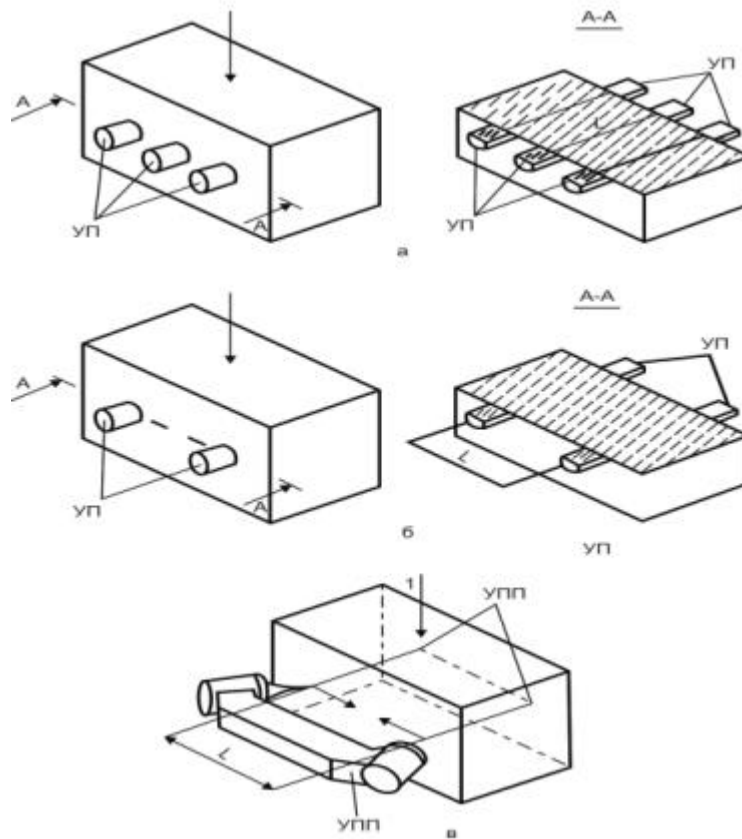


Рис. 8.3. Схеми випробування бетону ультразвуком: а – схема випробування наскрізним способом; б, в – схема випробування поверхневим способом; УП – ультразвукові перетворювачі; 1 – напрямок формування; L – база прозвучування; УПП – пристрій для поверхневого прозвучування з механічно з'єднаних на постійній базі ультразвукових перетворювачів з насадками для точкового контакту з бетоном

Міцність бетону монолітних конструкцій визначають наскрізним способом. Для визначення швидкості ультразвукових коливань (“швидкості ультразвуку”) необхідно знати час проходження ультразвуку на ділянці певної довжини, яку називають базою прозвучування. При вимірюванні часу поширення ультразвуку способом наскрізного прозвучування ультразвукові перетворювачі встановлюють із протилежних сторін зразка або конструкції відповідно до рис. 8.3 а. Швидкість ультразвуку (v) у м/с, обчислюють за формулою:

$$V = \frac{L}{T} \cdot 10^3$$

де T – час поширення ультразвуку, мкс;

L – відстань між центрами установки перетворювачів (база прозвучування), мм.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 87 / 70

При вимірюванні часу поширення ультразвуку способом поверхневого прозвучування ультразвукові перетворювачі встановлюють на одній стороні зразка або конструкції (рис. 8.3, б, в).

Для визначення коефіцієнту переходу (K) від швидкості ультразвуку при наскрізному до швидкості при поверхневому прозвучуванні виготовляють не менше шести призм розміром не менше 100×100×200 мм із різних замісів бетону номінального складу, за тією ж технологією і при тому ж режимі тверднення, що і конструкції. Вимірюють час поширення ультразвуку в кожній призмі способом наскрізного і поверхневого прозвучування при постійній базі не менше ніж 120 мм.

Коефіцієнт переходу (K) обчислюють за формулою:

$$K = \frac{l}{n} \sum_{i=1}^n K_i$$

де K_i – значення коефіцієнта переходу, що визначене за результатами випробувань i -го зразка за формулою:

$$K_i = \frac{v_i}{v_{i,\text{пов}}}$$

де v_i та $v_{i,\text{пов}}$ – середні значення швидкостей ультразвуку в i -ому зразку при наскрізному і поверхневому способах прозвучування;

n – загальне число призм, випробуваних для визначення коефіцієнта переходу K .

Ультразвукові вимірювання, для визначення коефіцієнта K , можна проводити на ділянці контрольованих конструкцій, що допускають технічну можливість як наскрізного, так і поверхневого способів прозвучування. Число ділянок вимірювань повинно бути не менше шести.

Міцність бетону в контрольованих ділянках конструкцій при поверхневому прозвучуванні з урахуванням коефіцієнта K визначають за градуовальною залежністю “швидкість ультразвуку-міцність”.

База прозвучування повинна бути однаковою при визначенні коефіцієнта переходу і проведенні контролю міцності бетону в конструкціях та не повинна перевищувати 400 мм. Середнє квадратичне відхилення (S_k) коефіцієнта переходу обчислюють за формулою:

$$S_k = (K_{\max} - K_{\min})K_i$$

де K_{\max} ; K_{\min} – максимальне і мінімальне зі значень коефіцієнтів K_i ($1 \leq i \leq n$);

K_i – коефіцієнт, значення якого залежить від числа призм (n). При $n = 6$; $K_i = 2,51$; $n = 8$; $K_i = 3,47$; $n = 10$; $K_i = 4,35$.

Ультразвукові випробування виконують при плюсовій температурі. Допускається проведення випробувань при від’ємній температурі, але не нижче ніж -10°C за умови, що в процесі подальшого збереження зразків, відносна вологість повітря не перевищує 70%. Згідно ДСТУ Б В.2.7-226:2009 для ультразвукових вимірювань рекомендуються прилади: УК- 14ПМ, УК- ЮПМС,

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 87 / 71

УК-39 та ін. При їх виборі необхідно враховувати діапазон вимірювання часу розповсюдження ультразвукових коливань.



Рис. 8.4. Ультразвуковий прилад для контролю міцності Пульсар-1.0

Прилади для ультразвукового контролю складаються з п'яти основних частин (рис. 8.4):

- системи збудження, яка включає електронний генератор високочастотних імпульсів і випромінювач, що перетворює електричні імпульси в ультразвукові механічні коливання;
- системи прийому, в якій ультразвукові коливання знову перетворюються в електричні імпульси, які направляються в підсилювач;
- системи вимірювання або індикатора, в якості якого застосовують зазвичай електронно-променеву трубку;
- електронний пристрій, в якому моделюється процес розповсюдження ультразвуку в бетоні;
- мікросекундоміра.

Практичне завдання

Визначення міцності бетону ультразвуковим методом

Відповідно до вихідних даних для трьох зразків, для кожного з яких вказано:

1. Тип бетону (за міцнісним класом або маркою, наприклад).
2. Вік бетону (доби).
3. Фактична швидкість ультразвуку (м/с), що виміряна приладом.
4. Рівень вологості (умовно для коригування): сухий, середньо вологий або вологий.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 87 / 72

Студент має, виходячи з цих даних, розрахувати орієнтовну міцність та сформулювати висновок, чи відповідає цей бетон зазначеному класу/марці.

Вихідні дані до виконання завдання

Варіант 1

Зразок №1: Бетон С20/25, вік 28 діб, швидкість ультразвуку 4100 м/с, середньо вологий.

Зразок №2: Бетон С20/25, вік 28 діб, швидкість ультразвуку 3900 м/с, сухий.

Зразок №3: Бетон С20/25, вік 28 діб, швидкість ультразвуку 4200 м/с, вологий.

Варіант 2

Зразок №1: Бетон С25/30, вік 14 діб, швидкість 4500 м/с, середньо вологий.

Зразок №2: Бетон С25/30, вік 14 діб, швидкість 4250 м/с, сухий.

Зразок №3: Бетон С25/30, вік 14 діб, швидкість 4300 м/с, вологий.

Варіант 3

Зразок №1: Бетон С16/20, вік 28 діб, швидкість 3800 м/с, сухий.

Зразок №2: Бетон С16/20, вік 28 діб, швидкість 4000 м/с, вологий.

Зразок №3: Бетон С16/20, вік 28 діб, швидкість 4200 м/с, середньо вологий.

Варіант 4

Зразок №1: Бетон М300, вік 28 діб, швидкість 4600 м/с, сухий.

Зразок №2: Бетон М300, вік 28 діб, швидкість 4300 м/с, середньо вологий.

Зразок №3: Бетон М300, вік 28 діб, швидкість 4450 м/с, вологий.

Варіант 5

Зразок №1: Бетон С20/25, вік 7 діб, швидкість 3700 м/с, середньо вологий.

Зразок №2: Бетон С20/25, вік 7 діб, швидкість 3500 м/с, сухий.

Зразок №3: Бетон С20/25, вік 7 діб, швидкість 3800 м/с, вологий.

Варіант 6

Зразок №1: Бетон С30/35, вік 28 діб, швидкість 4700 м/с, вологий.

Зразок №2: Бетон С30/35, вік 28 діб, швидкість 4800 м/с, сухий.

Зразок №3: Бетон С30/35, вік 28 діб, швидкість 4650 м/с, середньо вологий.

Варіант 7

Зразок №1: Бетон С12/15, вік 28 діб, швидкість 3600 м/с, середньо вологий.

Зразок №2: Бетон С12/15, вік 28 діб, швидкість 3400 м/с, сухий.

Зразок №3: Бетон С12/15, вік 28 діб, швидкість 3700 м/с, вологий.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 87 / 73

Варіант 8

Зразок №1: Бетон С25/30, вік 28 діб, швидкість 4350 м/с, вологий.

Зразок №2: Бетон С25/30, вік 28 діб, швидкість 4200 м/с, сухий.

Зразок №3: Бетон С25/30, вік 28 діб, швидкість 4100 м/с, середньо вологий.

Варіант 9

Зразок №1: Бетон М200, вік 14 діб, швидкість 3900 м/с, сухий.

Зразок №2: Бетон М200, вік 14 діб, швидкість 3700 м/с, вологий.

Зразок №3: Бетон М200, вік 14 діб, швидкість 3850 м/с, середньо вологий.

Варіант 10

Зразок №1: Бетон С32/40, вік 7 діб, швидкість 4500 м/с, вологий.

Зразок №2: Бетон С32/40, вік 7 діб, швидкість 4650 м/с, середньо вологий.

Зразок №3: Бетон С32/40, вік 7 діб, швидкість 4400 м/с, сухий.

Варіант 11

Зразок №1: Бетон С20/25, вік 14 діб, швидкість 4000 м/с, вологий.

Зразок №2: Бетон С20/25, вік 14 діб, швидкість 3900 м/с, сухий.

Зразок №3: Бетон С20/25, вік 14 діб, швидкість 4050 м/с, середньо вологий.

Варіант 12

Зразок №1: Бетон С35/45, вік 28 діб, швидкість 4800 м/с, сухий.

Зразок №2: Бетон С35/45, вік 28 діб, швидкість 4950 м/с, вологий.

Зразок №3: Бетон С35/45, вік 28 діб, швидкість 4700 м/с, середньо вологий.

Варіант 13

Зразок №1: Бетон М250, вік 28 діб, швидкість 4100 м/с, сухий.

Зразок №2: Бетон М250, вік 28 діб, швидкість 3950 м/с, середньо вологий.

Зразок №3: Бетон М250, вік 28 діб, швидкість 4050 м/с, вологий.

Варіант 14

Зразок №1: Бетон С25/30, вік 28 діб, швидкість 4400 м/с, сухий.

Зразок №2: Бетон С25/30, вік 28 діб, швидкість 4550 м/с, вологий.

Зразок №3: Бетон С25/30, вік 28 діб, швидкість 4300 м/с, середньо вологий.

Варіант 15

Зразок №1: Бетон С20/25, вік 14 діб, швидкість 3700 м/с, середньо вологий.

Зразок №2: Бетон С20/25, вік 14 діб, швидкість 3600 м/с, сухий.

Зразок №3: Бетон С20/25, вік 14 діб, швидкість 3750 м/с, вологий.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 87 / 74

Варіант 16

Зразок №1: Бетон С28/35, вік 28 діб, швидкість 4700 м/с, вологий.

Зразок №2: Бетон С28/35, вік 28 діб, швидкість 4600 м/с, сухий.

Зразок №3: Бетон С28/35, вік 28 діб, швидкість 4650 м/с, середньо вологий.

Варіант 17

Зразок №1: Бетон С12/15, вік 7 діб, швидкість 3400 м/с, вологий.

Зразок №2: Бетон С12/15, вік 7 діб, швидкість 3200 м/с, сухий.

Зразок №3: Бетон С12/15, вік 7 діб, швидкість 3300 м/с, середньо вологий.

Варіант 18

Зразок №1: Бетон М350, вік 28 діб, швидкість 4900 м/с, середньо вологий.

Зразок №2: Бетон М350, вік 28 діб, швидкість 5100 м/с, вологий.

Зразок №3: Бетон М350, вік 28 діб, швидкість 4800 м/с, сухий.

Варіант 19

Зразок №1: Бетон М150, вік 28 діб, швидкість 3600 м/с, вологий.

Зразок №2: Бетон М150, вік 28 діб, швидкість 3500 м/с, сухий.

Зразок №3: Бетон М150, вік 28 діб, швидкість 3650 м/с, середньо вологий.

Варіант 20

Зразок №1: Бетон С25/30, вік 7 діб, швидкість 3850 м/с, сухий.

Зразок №2: Бетон С25/30, вік 7 діб, швидкість 3950 м/с, вологий.

Зразок №3: Бетон С25/30, вік 7 діб, швидкість 3800 м/с, середньо вологий.

Приклад виконання завдання

Тип бетону: С20/25 (проектний клас міцності).

Вік бетону: 28 діб (нормативний вік, коли бетон має досягати проектної міцності).

Три зразки з різною швидкістю проходження ультразвуку й різними умовами вологості.

Зразок №	Швидкість V, м/с	Умови вологості
1	4200	Середньо вологий
2	3950	Сухий
3	4100	Вологий

Розрахунок міцності за допомогою калібрувальної залежності

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 87 / 75

У кожній лабораторії або методичних вказівках є своя формула чи графік. Приклад (умовна залежність):

$$R_{\text{куб}} = a \cdot V^b \cdot K_{\text{вол}}$$

де: a і b – емпіричні коефіцієнти, визначені під час калібрування (за заданих умов прийнято $a = 0,0000025$, $b = 3,5$, проте ці значення можуть змінюватися залежно від реального приладу).

$K_{\text{вол}}$ – коефіцієнт, що враховує вологість (для сухого бетону 1,0; для середньо вологого – 0,95; для вологого – 0,9).

Для зразка №1:

$$R_1 = 0,0000025 \cdot 4200^{3,5} \cdot 0,95 = 38, \text{ МПа}$$

Для зразка №2:

$$R_1 = 0,0000025 \cdot 3950^{3,5} \cdot 1 = 34, \text{ МПа}$$

Для зразка №3:

$$R_1 = 0,0000025 \cdot 4100^{3,5} \cdot 0,9 = 36, \text{ МПа}$$

Аналіз результатів. Середнє значення міцності $R_{\text{сер}} \approx (38+34+36) / 3 \approx 36$ МПа.

Проектний клас бетону С20/25 відповідає міцності приблизно 30–35 МПа. Якщо орієнтовно приймати 25 МПа як циліндричну міцність, тоді кубова більша і може бути близько 30–32 МПа. Отримані 34–38 МПа цілком можуть відповідати класу С20/25 або навіть бути трохи вищими.

Висновки. Міцність бетону на 28 добу у трьох зразках становить у межах 34–38 МПа. Орієнтовно можна стверджувати, що бетон відповідає (або перевищує) проектний клас С20/25 з урахуванням неруйнівного методу. Рекомендується (за потреби) провести додаткові руйнівні випробування або застосувати альтернативні методи (наприклад, склерометричний) для підтвердження результатів.

Питання для самоперевірки

1. Що таке інноваційні підходи у контролі якості будівельних матеріалів?
2. Які сучасні технології неруйнівного контролю використовуються у будівництві?
3. Що таке 3D-сканування, і як його застосовують для контролю якості конструкцій?
4. Як технології тепловізійного контролю допомагають виявляти дефекти?
5. Що таке ультразвуковий контроль, і які його основні переваги?
6. Як використання дронів допомагає проводити контроль якості будівельних об'єктів?
7. Що таке технологія ВІМ, і як вона пов'язана з контролем якості?
8. Які сенсори та датчики використовуються для моніторингу стану конструкцій у реальному часі?
9. Що таке автоматизовані системи контролю якості, і які їхні переваги?

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 87 / 76

10. Як штучний інтелект сприяє покращенню контролю якості у будівництві?
11. Які переваги має використання роботів для проведення контролю якості?
12. Що таке лазерне сканування, і як воно допомагає у вимірюванні точності конструкцій?
13. Як великі дані (Big Data) можуть бути використані для аналізу якості будівельних матеріалів?
14. Що таке блокчейн, і як він може забезпечити прозорість у контролі якості?
15. Як цифрові платформи сприяють інтеграції процесів контролю якості?
16. Що таке предиктивний аналіз, і як його використовують у моніторингу стану будівель?
17. Як впровадження інтернету речей (IoT) сприяє автоматизації контролю якості?
18. Які мобільні додатки використовуються для оперативного контролю якості на будівельному майданчику?
19. Як впровадження екологічно безпечних технологій впливає на якість будівельних матеріалів?
20. Які приклади інноваційних проектів у сфері контролю якості будівельних матеріалів можна навести?

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 87 / 77

Тема 9. Складання операційної схеми контролю якості

Мета роботи. Розвинути у студентів навички системного аналізу та практичного застосування методів контролю якості будівельних матеріалів. Ознайомитися з основними етапами складання операційної схеми контролю якості та інтегрувати знання про технічні вимоги до будівельних матеріалів.

Теоретичні відомості

Одним із шляхів забезпечення найбільш високої якості будівельно-монтажних робіт (БМР) на об'єктах будівництва, а також здійснення контролю дотримання вимог проєкту, будівельних норм і правил, державних стандартів і технічних регламентів на будівельному підприємстві є впровадження контролю якості БМР. Це дозволяє будівельним організаціям не тільки знизити витрати виробництва, але і стати більш привабливими як для вітчизняних, так і для іноземних партнерів.

На якість будівельних об'єктів впливає цілий ряд чинників, які представлені на схемі (рис. 9.1).



Рис.9.1. Основні чинники, що визначають якість будівництва

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 87 / 78

Будівельно-монтажні організації повинні забезпечувати необхідну якість і надійність будівель і споруд шляхом: здійснення технічних, економічних та організаційних заходів і застосування ефективного управління якістю на всіх стадіях створення будівельної продукції. Ця якість має підтверджуватися відповідними документами.

Необхідно також застосовувати заходи, методи і засоби, спрямовані на забезпечення відповідності якості будівельно-монтажних робіт і зданих будівельних об'єктів вимогам чинних нормативних та проектних документів.

Організація будівельного процесу, у тому числі і закінченої будівлі (споруди), забезпечення її якості здійснюється службою контролю якості підприємства і (або) підрядника за участю замовника. В окремих випадках до контролю будівельно-монтажних організацій або залучається інша сторона.

Контроль якості будівельно-монтажних робіт здійснюється також замовником у порядку технічного нагляду, проектними організаціями в порядку авторського нагляду, органами державного архітектурно-будівельного контролю, іншими органами державного нагляду та контролю, що діють на підставі спеціальних положень.

Виробничий контроль якості будівельно-монтажних робіт включає вхідний контроль робочої документації, конструкцій, виробів, матеріалів і устаткування, операційний контроль окремих будівельних процесів або виробничих операцій і приймальний контроль будівельно-монтажних робіт.

Питання управління якістю будівельної продукції повинні включатися до складу проектів виконання робіт.

Як зазначалося вище, основними видами контролю якості будівельно-монтажних робіт є вхідний, операційний і приймальний контроль.

При **вхідному** контролі здійснюється перевірка на все, що стосується робочої документації, проектів, відповідності, комплектності і достатності технічної інформації, що міститься в ній для виконання робіт, а також технологічного процесу і ресурсів.

При **вхідному** контролі конструкцій, виробів, матеріалів і устаткування перевіряється відповідність їх проекту, довідковим вимогам стандартів або інших нормативних документів, або технічній документації, а також стан і наявність паспортів, маркування та інших супровідних документів.

Цей вид контролю здійснюється службами виробничо-технологічної комплектації підрядної організації, а також відповідальними представниками виробника-виробника та вибірково контролюється замовником.

На різних етапах будівництва вхідний контроль здійснюється відповідно до рекомендацій, представлених в таблиці 9.1.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 87 / 79

Таблиця 9.1.

Вхідний контроль на різних етапах будівництва

Вид контролю	Етап будівництва	Об'єкт контролю	Метод контролю
Вхідний	Виготовлення елементів	Проектна документація. Вироби, деталі, напівфабрикати	Вибірковий
		Обладнання, оснащення	Суцільний
	Будівельно-монтажні роботи (в процесі виконання робіт)	Проектна документація. Оригінали розбивочних робіт, відповідність підготовки основ, елементів і будівельних конструкцій після завершення робіт попереднього етапу	Вибірковий, в окремих випадках - суцільний

Операційний контроль здійснюється в ході виконання будівельних процесів або виробничих операцій і повинен забезпечувати своєчасне виявлення дефектів і вжиття заходів щодо їх попередження.

При операційному контролі слід перевіряти дотримання технології виконання будівельно-монтажних процесів, а також відповідність виконуваних робіт робочим кресленням, будівельним нормам, правилам та стандартам.

Проводиться операційний контроль на підставі схем операційного контролю якості, що розробляються в складі проекту виконання робіт (ПВР) на підставі вимог.

У таблиці 9.2. вказані об'єкти і методи контролю на різних етапах будівництва при проведенні операційного контролю.

Таблиця 9.2

Операційний контроль на різних етапах будівництва

Вид контролю	Етап будівництва	Об'єкт контролю	Метод контролю
Операційний	Виготовлення елементів	Результати виконання технологічних операцій, що впливають на точність геометричних параметрів готової продукції	Суцільний
		Оригінали розбивочних осей, висоти позначки конструкцій; Елементи збірних конструкцій у процесі укладання та тимчасового закріплення	Вибірковий, Суцільний

Схеми операційного контролю якості, як правило, повинні містити ескізи конструкцій з зазначенням припустимих відхилень в розмірах, переліки операцій або процесів, що контролюються виконавцями робіт (майстрами), за участю, при

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 87 / 80

необхідності, будівельної лабораторії, геодезичної служби або спеціального контролю, дані про склад, терміни та способи контролю.

Результати операційного контролю повинні вноситися в загальний журнал робіт, складаються акти на приховані роботи, виконавчі геодезичні схеми, акти на виконані роботи. Розгляди змісту і правил складання цих документів наведені в пункті 3 даних методичних вказівок.

Приймальний контроль - це перевірка відповідності закінченого об'єкту будівництва вимогам нормативної та проєктної документації. Приймальний контроль, виконується по завершенні будівництва комплексу, черги, об'єкта чи будь-якої його частини, конструктивної, функціональної, об'ємно-планувальної тощо.

За його результатами приймається документоване рішення про підготовленість об'єкта до експлуатації або до виконання таких робіт.

У таблиці 9.3. вказані об'єкти й методи контролю на різних етапах будівництва під час проведення приймального контролю.

Таблиця 9.3

Приймальний контроль на різних етапах будівництва

Вид контролю	Етап будівництва	Об'єкт контролю	Метод контролю
Приймальний	Виготовлення елементів	Готова продукція	Суцільний
	Будівельно-монтажні роботи (на завершеному етапі)	Оригінали розбивочних осей, висоти позначки конструкцій; Елементи збірних конструкцій у процесі укладання та закріплення	Вибірковий, Суцільний

Більше 80% дефектів при виробництві будівельно-монтажних робіт (БМР) на будівельному майданчику при зведенні об'єктів пов'язані з відступами від проєктів і вимог нормативної документації. Тому операційний контроль якості є основним видом виробничого контролю. При систематичному здійсненні контролю у ході виконання операцій виконавці й майстри можуть своєчасно виявляти і усувати дефекти, вживати заходів щодо їх попередження.

Основні завдання операційного контролю якості:

- забезпечення відповідності виконуваних БМР проєкту і вимогам нормативних документів;
- своєчасне виявлення дефектів і причин їх виникнення, вживати заходів щодо їх усунення;
- підвищення відповідальності безпосередніх виконавців (робітників, ланок, бригад, лінійних фахівців) за якість виконаних ними робіт.

Якість виконання БМР у значній мірі залежить від знання виконавцями робіт та особами, що контролюють процес будівництва, основних вимог до якості робіт і допустимих відхилень.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 87 / 81

Операційний контроль здійснюється виконавцями майстрами, які виконують керівництво будівництвом будівель і споруд. За необхідності можуть залучатися будівельні лабораторії та геодезичні служби. Результати операційного контролю вносяться в загальний журнал робіт.

Основними документами при операційному контролі якості є ДБН (Державні Будівельні Норми), СНіП (будівельні норми і правила), технологічні карти і схеми операційного контролю якості (СОКЯ).

СОКЯ повинні розроблятися на всі будівельно-монтажні процеси будівельної організації і погоджуватися з окремими науковими організаціями. Рекомендується широке використання типових СОКЯ. Керівництво будівельної організації до початку робіт має передати безпосередньому керівнику робіт з будівництва об'єкта (майстру, виконавцю) комплект СОКЯ у складі проєкту виконання робіт (ПВР) і технологічних карт.

Організація операційного контролю якості та встановлення нагляду за його здійсненням покладається на головних інженерів будівельних організацій.

Виконроби й майстри зобов'язані вимагати від бригад передавання закінчених операцій для перевірки якості їх виконання до початку наступних. Усі виявлені у ході контролю дефекти повинні бути усунені.

Бригади відповідно до СОКЯ контролювати якість виконання своїх робіт, тобто здійснювати самоконтроль.

Кarti-схеми операційного контролю якості повинні складатися з чотирьох частин:

1. Склад операцій і засобів контролю (перелік контрольованих операцій і документації, яка складається, метод та обсяг контролю, хто здійснює контроль).
2. Вимоги до якості виконання робіт (ескізи конструкцій із зазначенням припустимих відхилень по ДБН або СНіП).
3. Вимоги до якості застосовуваних матеріалів, виробів за нормативними документами.
4. Вказівки щодо виконання робіт (вимоги щодо ДБН або СНіП).

Відповідно до вимог схема операційного контролю якості входить до складу технологічної карти на конкретний вид роботи і складається в табличній формі.

Практичне завдання

Розробити операційну схему контролю якості виробництва бетонної суміші певного типу відповідно до вихідних даних. Виконання завдання передбачає обов'язкове врахування стандартів, технічних вимог та ризиків на кожному етапі.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 87 / 82

Порядок виконання завдання

1. Дослідити вимоги чинних стандартів (наприклад, ДСТУ, EN або ISO), які регулюють якість бетонної суміші.
2. Перелічити основні властивості бетонної суміші, які підлягають контролю (наприклад, міцність, рухливість, водоцементне співвідношення, однорідність).
3. Ознайомитися з методами контролю якості, які застосовуються на кожному етапі виробництва.
4. На основі теоретичних знань розробіть операційну схему контролю якості, яка включатиме такі етапи:
 - вхідний контроль матеріалів (цемент, пісок, щебінь, вода, добавки);
 - контроль підготовки обладнання для змішування;
 - контроль процесу змішування бетонної суміші;
 - операційний контроль готової бетонної суміші перед відправкою;

Для кожного етапу складіть таблицю, яка міститиме:

- етап виробництва;
- опис контрольованого параметра;
- метод контролю (візуальний, лабораторний, автоматизований тощо);
- інструменти чи обладнання для контролю;
- критерії прийнятності (значення, що відповідають нормам).

Вихідні дані для виконання завдання

Варіант 1

Тип матеріалу: бетонна суміш для монолітних конструкцій.

Умови виробництва: заводське виробництво в зимовий період.

Параметри контролю: рухливість, міцність на стиск, водоцементне співвідношення.

Додаткові умови: використання хімічних добавок для прискорення твердіння.

Варіант 2

Тип матеріалу: дорожній бетон.

Умови виробництва: будівельний майданчик під відкритим небом.

Параметри контролю: морозостійкість, водонепроникність, час схоплення.

Додаткові умови: контроль якості щебеню з місцевих кар'єрів.

Варіант 3

Тип матеріалу: пінобетон для утеплення.

Умови виробництва: мобільна установка на будівельному майданчику.

Параметри контролю: щільність, однорідність структури, теплопровідність.

Додаткові умови: перевірка якості піноутворювача.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 87 / 83

Варіант 4

Тип матеріалу: гідротехнічний бетон для греблі.

Умови виробництва: заводське виробництво з доставкою на об'єкт.

Параметри контролю: водонепроникність, стійкість до агресивного середовища, міцність.

Додаткові умови: контроль транспортування бетонної суміші.

Варіант 5

Тип матеріалу: декоративний бетон для фасадів.

Умови виробництва: будівельний майданчик у літній період.

Параметри контролю: кольоровий пігмент, однорідність, гладкість поверхні.

Додаткові умови: контроль часу укладання.

Варіант 6

Тип матеріалу: армований бетон для колон.

Умови виробництва: заводське виробництво з високими технічними вимогами.

Параметри контролю: адгезія між бетоном і арматурою, міцність, рухливість.

Додаткові умови: перевірка якості арматури.

Варіант 7

Тип матеріалу: самоущільнюючий бетон для складних форм.

Умови виробництва: заводське виробництво з автоматизацією процесу.

Параметри контролю: текучість, збереження однорідності, швидкість схоплення.

Додаткові умови: контроль відсутності розшарування.

Варіант 8

Тип матеріалу: тротуарна плитка з високоміцного бетону.

Умови виробництва: заводське виробництво в умовах підвищеної вологості.

Параметри контролю: точність геометричних розмірів, морозостійкість, колір.

Додаткові умови: перевірка якості форм для лиття.

Варіант 9

Тип матеріалу: бетон для фундаменту житлових будівель.

Умови виробництва: будівельний майданчик у місцевості з підвищеною вологістю ґрунту.

Параметри контролю: міцність на стиск, водонепроникність, усадка.

Додаткові умови: оцінка якості ущільнення ґрунту.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 87 / 84

Варіант 10

Тип матеріалу: високоміцний бетон для мостових конструкцій.

Умови виробництва: заводське виробництво з доставкою на об'єкт.

Параметри контролю: стійкість до вібрацій, тріщиностійкість, модуль пружності.

Додаткові умови: контроль умов транспортування.

Варіант 11

Тип матеріалу: легкий бетон для стінових панелей.

Умови виробництва: заводське виробництво з використанням пористих заповнювачів (керамзит).

Параметри контролю: теплопровідність, щільність, міцність на вигин.

Додаткові умови: контроль якості керамзиту (фракційний склад, водопоглинання).

Варіант 12

Тип матеріалу: асфальтобетон для дорожнього покриття.

Умови виробництва: мобільний завод у літній період.

Параметри контролю: адгезія бітуму до щебеню, вміст пустот, температура суміші при укладанні.

Додаткові умови: перевірка якості бітуму (в'язкість, точка розм'якшення).

Варіант 13

Тип матеріалу: бетон для захисного шару тунелів.

Умови виробництва: будівельний майданчик із використанням форми ковзання.

Параметри контролю: водонепроникність, тріщиностійкість, товщина шару.

Додаткові умови: оцінка швидкості набору міцності.

Варіант 14

Тип матеріалу: жаростійкий бетон для промислових печей.

Умови виробництва: заводське виготовлення з додаванням спеціальних домішок (наприклад, шамоту).

Параметри контролю: термостійкість, вогнетривкість, стійкість до термічних ударів.

Додаткові умови: контроль рівномірності розподілу домішок.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 87 / 85

Варіант 15

Тип матеріалу: бетон для злітно-посадкових смуг.

Умови виробництва: будівельний майданчик з інтенсивним навантаженням на бетон.

Параметри контролю: зносостійкість, міцність на вигин, стійкість до динамічних навантажень.

Додаткові умови: перевірка однорідності змішування великої кількості суміші.

Варіант 16

Тип матеріалу: хімічно стійкий бетон для резервуарів зберігання агресивних рідин.

Умови виробництва: заводське виготовлення з доставкою до об'єкта.

Параметри контролю: стійкість до хімічного впливу, водонепроникність, тріщиностійкість.

Додаткові умови: оцінка якості спеціальних домішок.

Варіант 17

Тип матеріалу: попередньо напружений бетон для балок мостів.

Умови виробництва: заводське виробництво із застосуванням натяжних пристроїв.

Параметри контролю: напружений стан арматури, міцність бетону, адгезія арматури.

Додаткові умови: контроль рівномірності натягування арматури.

Варіант 18

Тип матеріалу: кольоровий декоративний бетон для архітектурних форм.

Умови виробництва: будівельний майданчик у весняний період.

Параметри контролю: однорідність кольору, текстура поверхні, стійкість до ультрафіолету.

Додаткові умови: перевірка якості барвників.

Варіант 19

Тип матеріалу: бетон із використанням вторинних матеріалів (екологічний бетон).

Умови виробництва: заводське виготовлення з додаванням подрібненого бетону.

Параметри контролю: міцність, зчеплення заповнювачів, водопоглинання.

Додаткові умови: контроль якості перероблених матеріалів.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 87 / 86

Варіант 20

Тип матеріалу: бетон для морських споруд.

Умови виробництва: будівельний майданчик у прибережній зоні.

Параметри контролю: стійкість до корозії, водонепроникність, морозостійкість.

Додаткові умови: перевірка якості домішок для підвищення стійкості до солей.

Питання для самоперевірки

1. Чому екологічні аспекти є важливими у контролі якості будівельних матеріалів?
2. Що таке екологічна безпечність будівельних матеріалів?
3. Які основні нормативні документи регулюють екологічні вимоги до будівельних матеріалів?
4. Що таке екологічний сертифікат, і як його отримують для будівельних матеріалів?
5. Які матеріали вважаються екологічно безпечними для будівництва?
6. Як викиди шкідливих речовин під час виготовлення будівельних матеріалів впливають на довкілля?
7. Що таке вуглецевий слід будівельних матеріалів, і як його можна зменшити?
8. Як оцінюється вплив будівельних матеріалів на якість повітря в приміщеннях?
9. Що таке клас емісії матеріалів, і як він визначається?
10. Які методи використовуються для контролю вмісту токсичних речовин у будівельних матеріалах?
11. Як впровадження концепції "зеленого будівництва" впливає на якість будівельних матеріалів?
12. Що таке переробка будівельних відходів, і як вона сприяє екологічній безпеці?
13. Як використання вторинних матеріалів у будівництві впливає на довкілля?
14. Що таке екологічний життєвий цикл матеріалів, і які його основні етапи?
15. Як енергоефективність будівельних матеріалів пов'язана з їхньою екологічною оцінкою?
16. Які існують екологічні ризики під час зберігання і транспортування будівельних матеріалів?
17. Як контроль якості водопоглинання матеріалів впливає на їхню екологічну безпеку?
18. Що таке біодеградація будівельних матеріалів, і які її екологічні наслідки?
19. Як впровадження альтернативних енергетичних ресурсів впливає на виробництво будівельних матеріалів?
20. Які інноваційні технології сприяють зменшенню екологічного впливу будівельних матеріалів?

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/2/192.00.1/Б/ВК2.Х- 2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 87 / 87

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Гара О.А. Основи метрології і стандартизації в будівництві: навчальний посібник. Одеса: ПОЛІГРАФ, 2016. 256 с. – ISBN 978-966-2326-39-0.
2. Жихарев В.М., Павлишин Р.Є. Основи метрології та стандартизації. Цикл лекційних і практичних занять. Навчально-методичний посібник. Ужгород: ТОВ «РІК-У», 2020. 280 с. – ISBN 978-617-7868-31-5.
3. Седишев Є. С. Конспект лекцій з дисципліни «Метрологія і стандартизація» для студентів 3–4 курсів денної і заочної форм навчання освітнього рівня «бакалавр» спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія / Є. С. Седишев. Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. 97 с. Режим доступу:
<https://eprints.kname.edu.ua/47159/1/2017%20Л%20Є.С.Седишев.Метрологія.Конспект%20лекцій%202017.pdf>.
4. Статистичні методи в інженерних дослідженнях. Навчальний посібник для здобувачів вищої освіти з інженерних спеціальностей / В.А. Пашинський. Кропивницький: ЦНТУ, 2020. 106 с. Режим доступу:
<http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/handle/123456789/10108>
5. Метрологія і стандартизація. Методичні рекомендації до практичних занять для здобувачів освіти усіх форм навчання за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія. / [укладач : В. А. Пашинський]; Міністерство освіти і науки України, Центральноукраїнський національний технічний університет, кафедра будівельних, дорожніх машин і будівництва. Кропивницький: ЦНТУ, 2022. 32 с. Режим доступу:
<http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/handle/123456789/11675>.
6. ДСТУ 2925-94. Якість продукції. Оцінювання якості. Терміни та визначення. [Чинний від 1996-01-01]. Київ: Держстандарт України, 1995. 26 с.
7. ДСТУ 3021-95. Випробування і контроль якості продукції. Терміни та визначення. [Чинний від 1996-01-01]. Київ: Держстандарт України, 1995. 66 с.
8. ДСТУ-Н Б А.3.1-24:2013. Настанова з організації системи управління якістю будівництва. [Чинний від 2014-10-01]. Київ: Мінрегіон України, 2014. 50 с.
9. ДСТУ 9254:2023. Контроль якості будівельних робіт. Загальні положення. [Чинний від 2024-05-01]. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2024. 16 с.