

**УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ**

БУДІВЕЛЬНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра будівельних матеріалів, конструкцій та споруд

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
для виконання практичних занять**

**з освітнього компонента
«МЕТРОЛОГІЯ, СТАНДАРТИЗАЦІЯ
ТА ОСНОВИ АВТОМАТИЗАЦІЇ»**

Харків - 2026

Методичні вказівки розглянуто і рекомендовано до друку на засіданні кафедри будівельних матеріалів, конструкцій та споруд 22 червня 2026 р., протокол № 13 і засіданні методичної ради будівельного факультету 26 червня 2026 р., протокол № 9.

Методичні вказівки для виконання практичних занять з освітнього компонента «Метрологія, стандартизація та основи автоматизації» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня спеціальностей G19 «Будівництво та цивільна інженерія» освітньої програми «Промислове та цивільне будівництво» і J7 «Залізничний транспорт» освітньої програми «Залізничні споруди та колійне господарство» усіх форм здобуття освіти.

Укладачі:

проф. Л. В. Трикоз,
доц. О. С. Герасименко

Рецензент

доц. Д. О. Потапов

ВСТУП

Освітній компонент є важливою складовою професійної підготовки майбутніх фахівців будівельної галузі, оскільки забезпечує формування системних знань про єдність вимірювань, нормативне забезпечення якості продукції, процесів і послуг, застосування національних і міжнародних стандартів, а також сучасних засобів автоматизації технологічних процесів у будівництві і транспортній інфраструктурі.

В умовах цифрової трансформації будівельної галузі, широкого впровадження інформаційних технологій, автоматизованих систем управління, технологій інформаційного моделювання будівель (BIM), сучасних методів контролю якості та моніторингу технічного стану споруд особливого значення набувають питання метрологічного забезпечення, стандартизації та автоматизації виробничих процесів. Від точності вимірювань, дотримання вимог нормативних документів і використання сучасних засобів контролю залежить безпека, довговічність, надійність і економічна ефективність будівельних об'єктів і транспортних споруд.

Метою методичних вказівок є надання здобувачам практичної допомоги під час опанування теоретичного матеріалу, виконання практичних робіт, самостійного вивчення дисципліни та підготовки до поточного і підсумкового контролю знань. Матеріали спрямовані на формування компетентностей щодо використання сучасних методів вимірювань, оцінювання точності результатів, застосування нормативно-технічної документації, забезпечення якості будівельної продукції та використання елементів автоматизації під час виконання професійних завдань.

Методичні вказівки містять рекомендації щодо виконання практичних робіт, перелік теоретичних відомостей, контрольні запитання, приклади розв'язання типових завдань, завдання для самостійної роботи, а

також список рекомендованих джерел. Їхній зміст відповідає освітньо-професійним програмам підготовки здобувачів вищої освіти зазначених спеціальностей і спрямований на формування програмних результатів навчання, необхідних для майбутньої професійної діяльності у сфері будівництва, цивільної інженерії та залізничної інфраструктури.

Використання методичних вказівок сприятиме розвитку у здобувачів навичок аналізу результатів вимірювань, застосування вимог чинних нормативних документів, ухвалення обґрунтованих інженерних рішень, забезпечення належного рівня якості будівельних робіт, а також ефективного використання сучасних технічних засобів автоматизації у професійній діяльності.

Практичне заняття 1

ОСНОВИ ТЕОРІЇ ВИМІРЮВАНЬ. ПОХИБКИ ВИМІРЮВАНЬ

Метою практичного заняття є ознайомлення здобувачів з основними напрямками метрології та її об'єктами дослідження. Передбачено опрацювання базових метрологічних понять, вивчення класифікації вимірювань, систем одиниць фізичних величин, засобів вимірювання та їх класифікації. Крім того, необхідно засвоїти основні методи виконання вимірювань і розглянути класифікацію похибок, що виникають у процесі вимірювань.

Загальні відомості

Метрологія охоплює низку взаємопов'язаних наукових напрямів. До основних із них належать загальна теорія вимірювань, системи одиниць фізичних величин, методи і технічні засоби вимірювання, способи визначення точності результатів вимірювань, забезпечення єдності вимірювань і взаємної узгодженості засобів виміральної техніки. Важливими складовими метрології також є еталони, зразкові засоби

вимірювань і методи передавання розмірів одиниць від державних еталонів до робочих вимірювальних засобів.

Одним із фундаментальних понять метрології є єдність вимірювань. Вона означає, що результати вимірювань подають у встановлених законодавством одиницях, а похибки визначають із заданою ймовірністю. Забезпечення єдності вимірювань є необхідною умовою для коректного порівняння результатів, отриманих у різних регіонах, у різний час та із застосуванням різних методів і вимірювальних засобів.

Основні терміни та визначення

Фізична величина — це характеристика фізичних об'єктів або явищ, яка є спільною для певного класу об'єктів за якісною ознакою, проте має індивідуальне кількісне значення для кожного з них.

Одиниця фізичної величини — це встановлене значення фізичної величини, умовно прийняте за одиницю вимірювання.

Вимірювання фізичної величини — процес визначення її кількісного значення за допомогою спеціальних засобів вимірювальної техніки.

Точність вимірювання характеризує ступінь наближення отриманого результату до істинного значення вимірюваної величини. Вона визначена величиною похибки та використовується для класифікації засобів вимірювання за рівнем точності. Залежно від цього показника засоби вимірювання поділяють на високоточні, підвищеної точності, середньої точності та низької точності.

Еталон — це засіб вимірювальної техніки, призначений для відтворення, зберігання та передавання одиниці фізичної величини іншим засобам вимірювання відповідно до повірочної схеми. Найточніший у державі еталон називають первинним еталоном. Для взаємного зв'язку між державними еталонами використовують еталони порівняння, а еталони-копії застосовують для передавання розмірів одиниць зразковим засобам вимірювання.

Зразковий засіб вимірювання призначений виключно для передавання розміру одиниці фізичної величини робочим засобам вимірювання.

Робочий засіб вимірювання використовують безпосередньо для визначення параметрів фізичних величин під час вимірювань.

Засіб вимірювання — це технічний пристрій із нормованими метрологічними характеристиками, який застосовують для вимірювань. До таких засобів належать вимірювальні перетворювачі, вимірювальні прилади, вимірювальні установки, системи та допоміжне вимірювальне обладнання.

Класифікація засобів вимірювання

Залежно від призначення засоби вимірювання поділяють на робочі та метрологічні.

За конструктивним виконанням розрізняють вимірювальні перетворювачі, вимірювальні прилади, вимірювальні установки, системи та комплекси.

За рівнем автоматизації вони можуть бути неавтоматичними, автоматизованими або повністю автоматичними.

За ступенем стандартизації виділяють стандартні та нестандартні засоби вимірювання.

Відносно вимірюваної величини засоби вимірювання поділяють на основні та допоміжні.

Міра, вимірювальні перетворювачі та вимірювальні прилади

Міра — це засіб вимірювальної техніки, призначений для відтворення фізичної величини встановленого значення. До цієї категорії належать гири, кінцеві міри довжини та інші аналогічні засоби. У практиці вимірювань застосовують однозначні й багатозначні міри, а також їхні набори та спеціальні магазини мір. Однозначні міри забезпечують відтворення лише одного значення фізичної величини, тоді як багатозначні дають змогу

відтворювати декілька значень. Наприклад, міліметрова лінійка дає змогу визначати довжину предметів як у міліметрах, так і сантиметрах.

Вимірювальний перетворювач являє собою технічний засіб, призначений для перетворення вимірювального сигналу у форму, придатну для подальшої обробки, зберігання або передавання на пристрої відображення інформації. Такі перетворювачі можуть бути складовою вимірювального приладу або бути використаним разом із ним. При цьому інформацію, сформовану перетворювачем, безпосередньо не сприймає оператор. Як приклад можна навести перетворювачі, що забезпечують передавання даних до комп'ютера, підсилення електричних сигналів або їх цифрову обробку.

Вимірювальні прилади призначені для отримання результатів вимірювань у формі, зручній для безпосереднього сприйняття користувачем. За принципом роботи їх поділяють на прилади прямої дії та прилади порівняння.

Вимірювальна установка є сукупністю функціонально пов'язаних між собою вимірювальних приладів, перетворювачів, мір та інших технічних засобів, які призначені для визначення однієї або кількох фізичних величин і розміщені в одному місці.

Вимірювальна система об'єднує комплекс взаємопов'язаних вимірювальних приладів, перетворювачів, електронно-обчислювальної техніки та інших технічних засобів, які можуть бути просторово розташовані в різних точках контрольованого об'єкта. Такі системи забезпечують вимірювання однієї або декількох фізичних величин, характерних для досліджуваного середовища.

Вимірювальні інструменти належать до допоміжних засобів вимірювань і використовуються для підвищення точності результатів. Їх застосування необхідне у випадках, коли на показання основного приладу можуть впливати зовнішні фактори. Наприклад, термометр використовують

для контролю температури навколишнього середовища, а психрометр — для визначення його вологості, якщо ці параметри впливають на достовірність результатів вимірювань.

Класифікація похибок вимірювань: похибки, що виникають під час вимірювань, класифікують за кількома ознаками.

За джерелом виникнення:

- методичні;
- інструментальні;
- суб'єктивні.

За умовами вимірювань похибки обумовлені впливом зовнішніх факторів як на об'єкт дослідження, так і засоби вимірювання. До таких факторів належать температура, атмосферний тиск, вологість повітря, вібрації та інші фактори навколишнього середовища.

За характером прояву розрізняють:

- систематичні похибки;
- випадкові похибки;
- грубі помилки (промахи).

За способом подання похибки бувають абсолютними та відносними.

Абсолютну похибку (ΔA) визначають як різницю між результатом вимірювання та істинним значенням фізичної величини:

$$\Delta A = A_x - A,$$

де A_x — отриманий результат вимірювання;

A — дійсне значення величини.

Відносна похибка (δ) характеризує величину абсолютної похибки відносно істинного значення вимірюваної величини, зазвичай виражена у відсотках: $\delta = 100 \% \Delta A / A$.

Залежно від умов експлуатації засобів вимірювання розрізняють **основну** та **додаткову** похибки.

Види похибок

Методичні похибки виникають через недосконалість або недостатню обґрунтованість застосованого методу вимірювання, вимірювальної схеми чи окремих її елементів. Наприклад, похибка може виникнути під час вимірювання напруги вольтметром, який впливає на електричне коло через власний внутрішній опір.

Інструментальні похибки пов'язані з конструктивними особливостями вимірювальних приладів, технологічними відхиленнями під час їх виготовлення, недосконалістю схемних рішень, а також похибками шкали аналогових приладів або дискретністю цифрової індикації.

Суб'єктивні похибки обумовлені людським фактором. Вони можуть виникати через неувважність оператора, особливості його зору або інші фізіологічні причини. Із використанням цифрових засобів вимірювання такі похибки практично усунені.

Систематичні похибки являють собою складову загальної похибки, яка за багаторазових вимірювань залишається сталою або змінюється за певною закономірністю.

Випадкові похибки виникають непередбачувано та змінюють своє значення від одного вимірювання до іншого навіть за незмінних умов проведення експерименту. Повністю усунути їх неможливо, однак їхній вплив можна значно зменшити, виконуючи серію повторних вимірювань і визначаючи середнє арифметичне значення отриманих результатів.

Промахи (грубі помилки) мають значне відхилення від істинного результату та істотно спотворюють результати вимірювань. Причиною їх виникнення зазвичай є грубі порушення методики вимірювань, неправильне зчитування показань приладів або неувважність виконавця.

Закони розподілу похибок

Для статистичного аналізу результатів вимірювань застосовують імовірнісний підхід, який ґрунтований на використанні законів розподілу похибок. У метрологічній практиці найчастіше використовують такі типи розподілів: трапецієподібний; експоненціальний; сплющений; сімейство розподілів Стюдента; двомодальний розподіл.

Запитання для самоконтролю

- 1 Що таке одиниця фізичної величини?
 - 2 Метод вимірювань. Визначення.
 - 3 Методика вимірювань. Визначення.
 - 4 Похибка вимірювань. Визначення.
 - 5 Еталон. Визначення.
 - 6 Зразковий засіб вимірювань. Визначення.
 - 7 Робочі засоби вимірювань. Визначення.
 - 8 Похибка результату вимірювань. Визначення.
 - 9 Як поділяють похибки за способами вираження.
 - 10 У чому виражена абсолютна похибка?
 - 11 Систематична похибка. Визначення.
 - 12 Визначити абсолютну і відносну похибки дворазових вимірювань параметрів водяного насоса і вказати, яке з вимірювань більш точне.
- Варіанти завдань надає викладач.

Література [1-5].

Практичне заняття 2

ФАКТОРИ ТА УМОВИ, ЯКІ ЗАБЕЗПЕЧУЮТЬ СТВОРЕННЯ ЯКІСНОЇ ПРОДУКЦІЇ. МІЖНАРОДНІ СТАНДАРТИ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ПРОДУКЦІЇ ISO

Метою роботи є дослідження основних факторів, що впливають на підвищення якості продукції; ознайомлення з концепцією «петлі якості»; вивчення принципів функціонування систем менеджменту якості відповідно до міжнародних стандартів серії ISO 9000 редакції 2000 року.

Загальні відомості

Управління якістю продукції є безперервним процесом цілеспрямованого впливу на фактори виробництва та умови, що забезпечують виготовлення продукції з характеристиками, які максимально відповідають встановленим вимогам і потребам споживачів. Ефективне управління якістю сприяє не лише підвищенню конкурентоспроможності продукції, а і забезпечує її раціональне використання протягом усього терміну експлуатації.

Під **факторами** розуміють сукупність елементів виробничого процесу, здатних безпосередньо впливати на формування властивостей продукції. До них належать предмети праці, засоби виробництва, трудові ресурси. Їхня взаємодія забезпечує зміну характеристик вихідних матеріалів і формування необхідних споживчих властивостей готової продукції.

Не менш важливу роль відіграють **умови**, у яких реалізовані зазначені фактори. Саме вони визначають ефективність їхнього впливу на кінцевий результат. За масштабом дії умови поділяють на локальні та загальні. До локальних належать організація виробничих процесів, рівень організації праці, морально-психологічний клімат у колективі та інші внутрішні фактори підприємства. Загальні умови формуються під впливом зовнішнього середовища і охоплюють кон'юнктуру ринку, державну

політику у сфері стандартизації, систему матеріального стимулювання за випуск високоякісної продукції тощо.

Залежно від сформованих умов потенціал факторів може бути реалізований повністю або лише частково. У разі несприятливих умов для досягнення необхідного рівня якості потрібні додаткові матеріальні, фінансові та часові ресурси. Саме тому одним із основних завдань системи управління якістю є забезпечення оптимального поєднання факторів і умов, які впливають на якість продукції.

Системний підхід щодо організації управління якістю почав активно розвиватися у другій половині XX століття. Важливим етапом стало впровадження системи бездефектного виготовлення продукції, а подальший розвиток призвів до створення комплексних систем управління якістю продукції (КС УЯП), які набули широкого застосування в 1970-х роках. Їхню основу становили стандарти підприємств, розроблені на базі накопиченого вітчизняного та міжнародного досвіду. Багато принципів, реалізованих у КС УЯП, у подальшому були покладені в основу міжнародних стандартів серії ISO 9000.

Сучасні системи менеджменту якості сформовані з урахуванням багаторічного міжнародного досвіду. У більшості держав стандарти ISO були адаптовані як національні нормативні документи і широко застосовувані під час укладання контрактів між виробниками і замовниками. Їх використовують як критерій оцінювання ефективності системи забезпечення якості підприємства-постачальника.

Система управління якістю має охоплювати всі стадії життєвого циклу продукції. Сукупність цих стадій прийнято називати **«петлею якості»**. До її основних етапів належать:

- маркетингові дослідження і аналіз ринку;
- визначення технічних вимог щодо продукції;
- проєктування і розроблення виробу;

- матеріально-технічне забезпечення виробництва;
- підготовка технологічних процесів;
- виготовлення продукції;
- контроль якості та проведення випробувань;
- пакування, транспортування і зберігання;
- реалізація продукції;
- монтаж і введення в експлуатацію;
- технічне обслуговування;
- утилізація після завершення терміну використання.

На всіх етапах життєвого циклу продукції реалізовані три основні напрями діяльності:

- 1) забезпечення якості;
- 2) управління якістю;
- 3) постійне поліпшення якості.

Забезпечення якості являє собою комплекс планових і систематичних заходів, спрямованих на створення умов, за яких кожний етап життєвого циклу продукції виконують відповідно до встановлених вимог. Для технічних виробів це означає організацію процесів проєктування та виробництва в такий спосіб, щоб готовий виріб і всі його складові могли повністю виконувати передбачені функції протягом нормативного терміну експлуатації.

Управління якістю охоплює оперативні методи і засоби контролю виробничих процесів. Основними його завданнями є виявлення невідповідностей у продукції, технологічних процесах або системі менеджменту якості, визначення причин їх виникнення та своєчасне усунення. Одним із найефективніших інструментів такого управління є статистичне регулювання технологічних процесів із використанням контрольних карт, що дає змогу запобігати виникненню дефектів ще до їх появи.

Безперервне **поліпшення якості** спрямоване на вдосконалення технічних характеристик продукції, підвищення стабільності виробничих процесів і зменшення витрат, пов'язаних із виготовленням продукції.

Подальший розвиток міжнародної стандартизації відбувся в 1994 році після ухвалення стандарту **ISO 9000-1:1994**. За структурою він був подібним до редакції 1987 року, однак містив розширений перелік документів завдяки введенню додаткових частин стандартів ISO 9000 та ISO 9004. Особливістю цієї редакції стало поширення вимог не лише на матеріальну продукцію, а і сферу послуг і програмне забезпечення.

У грудні 2000 року Міжнародна організація зі стандартизації (ISO) опублікувала оновлену редакцію стандартів серії ISO 9000, до складу якої увійшли:

- **ISO 9000** «Системи менеджменту якості. Основні положення та словник»;
- **ISO 9001** «Системи менеджменту якості. Вимоги»;
- **ISO 9004** «Системи менеджменту якості. Настанови щодо поліпшення діяльності».

Саме ці стандарти стали основою сучасних систем менеджменту якості та широко застосовувані на підприємствах різних галузей промисловості та сфери послуг.

Література [1-4].

Практичне заняття 3

СТАНДАРТИЗАЦІЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ РОЗМІРІВ У БУДІВНИЦТВІ. ПОБУДОВА РЯДІВ ПЕРЕВАЖНИХ ЧИСЕЛ

Мета: вивчити принципи стандартизації геометричних показників у будівництві.

Завдання: ознайомитися з методикою оцінювання геометричних показників, принципами їхньої стандартизації, навчитися будувати ряди переважних чисел.

Загальні відомості

Стандартизація відбувається на основі науково обґрунтованих принципів і засобів, що в комплексі являють собою теоретичну основу стандартизації.

Найважливішим показником якості залізобетонних виробів, конструкцій і будівельних об'єктів є розміри. Стандартизація розмірів для проєктування, виготовлення будівельних виробів і зведення споруд базована на введенні модульної координації розмірів у будівництві (МКРБ), а також системи позначення точності геометричних параметрів у будівництві (ДСТУ-Н Б В.1.3-1:2009, ДСТУ Б А.2.4-37:2008).

У залізобетонних виробках розрізняють дійсні та номінальні розміри. Дійсні розміри виробів залежать від багатьох технологічних факторів, які є випадковими величинами, і визначають за допомогою вимірювальних приладів. Номінальні розміри зафіксовані в нормативно-технічних документах, кресленнях і є постійною величиною. На практиці дійсні розміри відрізняються від номінальних.

Із виготовленням залізобетонних виробів, конструкцій і будівельних об'єктів необхідно дотримуватися визначеної точності.

Точність геометричного параметра – це ступінь наближення дійсного розміру до номінального.

Дослідження показали, що для заводів залізобетонних конструкцій (ЗБК) відхилення дійсних геометричних розмірів виробів від номінальних можуть бути викликані такими факторами:

- невідповідність необхідній легкоукладальності бетонної суміші внаслідок неточності дозування компонентів;
- незадовільний стан металевих форм (вигин бортів, прим'ятини, тріщини, знос і несправність замкових пристроїв);
- неякісне очищення металевих форм;
- неточність збирання дерев'яного риштування;
- недостатня жорсткість дерев'яного риштування або форм;
- відсутність прикріплення дерев'яного і металевого риштування до піддона;
- неточність установлення вкладишів у формах для укорочених плит, перемичок, паль та інших виробів;
- неточність дозування бетонної суміші у форму;
- недостатня жорсткість бетонної суміші для формування виробів із негайним розпалубленням (за допомогою штапу, який знімається, висувних бортів тощо) із наступним її осіданням;
- розмивання парою торцевих частин виробів на піддонах для негайного розпалублення внаслідок порушення режиму пропарювання (раннє подавання пари).

Оцінити якість залізобетонних виробів і можливість їх застосування за призначенням можна завдяки допускам $\delta_{\text{Хі}}$ (рисунок 3.1).

Допуск – це затверджене стандартом можливе відхилення дійсних розмірів виробів від номінальних. Для виробів визначеного типорозміру оцінюють розмір, пласкість, перпендикулярність, нелінійність. ДСТУ допомагає встановити клас точності для відповідних допусків вказаних параметрів (рисунок 3.1).

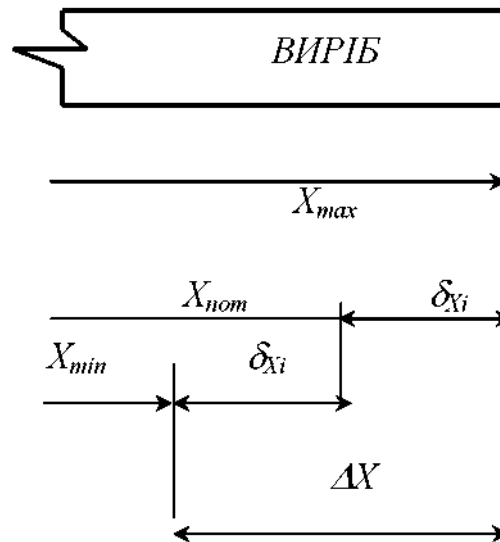


Рисунок 3.1 – Можливі відхилення дійсних розмірів від номінальних

Для забезпечення необхідної якості виробів за розмірами відхилення дійсних розмірів від номінальних $2\delta_{Xi}$ не мають виходити за межі ΔX , що регламентовано ДСТУ-Н Б В.1.3-1:2009, а розміри виробу X_i – за межі мінімальних X_{min} і максимальних X_{max} значень.

Імовірність появи значень X_i нижче X_{min} і вище X_{max} приймають зазвичай не більше 0,05. Отже, імовірність того, що значення X_i будуть знаходитися в межах $X_{min} \div X_{max}$, буде складати не менше 0,95.

Величину $\Delta X = X_{max} - X_{min} = 2\delta_X$ називають допуском.

Отже, для прийнятого випадку виріб буде якісним за розміром, якщо відхилення δ_X дійсного розміру X_i від номінального X_{nom} будуть менші, ніж граничне відхилення $\delta_X = \Delta X/2$, тобто менше половини допуску з певною (наприклад 0,95) забезпеченістю (імовірністю).

Розрізняють функціональний допуск геометричного розміру (параметра) і технологічний.

Функціональний допуск призначений з умов забезпечення функціональних вимог, які висувають до виробу (за міцністю, стійкістю, довговічністю, естетичними вимогами).

Технологічний допуск розраховують виходячи з умов точності дотримання технологічного процесу (точність роботи обладнання, стану технічного оснащення, загальної технології та ін.).

Абсолютні значення допусків призначають залежно від величини номінальних розмірів і на основі стандартних рядів переважних чисел (ДСТУ 2500-94).

Стандартні ряди переважних чисел утворені з геометричних прогресій із певним знаменником.

Геометрична прогресія – ряди, у яких кожний член, починаючи з другого, утворений із попереднього, помноженого на знаменник q :

$$a_n = a_1 \cdot q^{n-1}. \quad (3.1)$$

За рекомендаціями ІСО стандартні ряди переважних чисел являють собою десяткові ряди геометричної прогресії із знаменниками:

$$q = \sqrt[5]{10(R5)}; q = \sqrt[10]{10(R10)}; q = \sqrt[20]{10(R20)}; q = \sqrt[40]{10(R40)}; q = \sqrt[80]{10(R80)}.$$

Порядок виконання

1 Повторити теоретичний матеріал і відповісти на запитання:

Чому дійсні геометричні параметри будівельних виробів, зокрема залізобетонних, мають випадковий характер?

Що таке точність геометричних параметрів? Назвіть причини збільшення та зменшення геометричних розмірів будівельних виробів?

Що таке допуск? Функціональний і технологічний допуск?

Як утворені стандартні ряди переважних чисел?

2 Розрахувати величини знаменників R(5), R(10), R(20), R(40) і R(80).

3 Побудувати ряди переважних чисел за геометричною прогресією із знаменниками R(5) і R(10) для $a_1 = 1$.

4 Визначити 10 членів рядів переважних чисел для $a_1 = 1$ (за вказівками викладача).

План звіту:

- 1 Тема, мета і завдання практичного заняття.
 - 2 Загальні відомості про стандартизацію геометричних параметрів.
 - 3 Результати розрахунку знаменників для рядів $R(5)$ і $R(10)$ геометричних прогресій.
 - 4 Ряди переважних чисел $R(5)$ і $R(10)$.
 - 5 Висновки з роботи.
- Література [1-4].

Практичне заняття 4

СТАНДАРТИЗАЦІЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ РОЗМІРІВ. РОЗРАХУНОК І ВИЗНАЧЕННЯ ДОПУСКІВ ДЛЯ РІЗНИХ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ

Мета: вивчити принципи стандартизації геометричних показників у будівництві.

Завдання: ознайомитися з принципами стандартизації допусків геометричних показників, навчитися розраховувати величини допусків геометричних розмірів, навчитися визначати допуски геометричних показників для конкретних виробів. Ознайомитися з ДСТУ.

Загальні відомості

Як зазначено в практичному занятті 1, абсолютні значення допусків призначають залежно від величини номінальних розмірів і на основі стандартних рядів переважних чисел.

У таблиці 4.1 наведені технологічні допуски лінійних розмірів для першого класу точності.

Таблиця 4.1

Інтервал номінального розміру, мм	Значення допуску для класу точності								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
До 20	0.24	0.4	0.6	1.0	1.6	2.4	4	6	10
Понад 20 до 60	0.30								
Понад 60 до 120	0.40								
Понад 120 до 250	0.50								
Понад 250 до 500	0.60								
Понад 500 до 1000	0.80								
Понад 1000 до 1600	1.00								
Понад 1600 до 2500	1.20								
Понад 2500 до 4000	1.60								
Понад 4000 до 8000	2.00								
Понад 8000 до 16000	2.40								
Понад 16000 до 25000	3.00								
Понад 25000 до 40000	4.00								
Понад 40000 до 60000	5.00								
Значення К	0.1	0.16	0.25	0.4	0.6	1.0	1.6	2.5	4.0

При цьому значення технологічних допусків ΔX , мм, обчислюють за формулою

$$\Delta X = i \cdot K, \quad (4.1)$$

де i – одиниця допуску, мм;

K – коефіцієнт точності, що встановлює кількість одиниць точності для певного класу точності.

Одиницю допуску визначають за формулою

$$i = a_i (0,8 + 0,001\sqrt{L}) \cdot (\sqrt{L} + 25 + 0,013/L^2), \quad (4.2)$$

де L – номінальний розмір, мм;

a_i – множник, який дорівнює 1 для лінійних розмірів, прямолінійності, пласкості, рівності діагоналей, $i = 0.6$ для розрахунку допуску перпендикулярності поверхонь елемента.

Відомо, що ряди складаються з таких чисел: $R(5) = 1; 1,6; 2,5; 4; 6;$
 $R(10) = 1; 1,2; 1,6; 2,0; 2,5; 3; 4; 5; 6; 8$. Отже, видно, що значення в першому рядку і першому стовпчику таблиці 4.1 є значеннями рядів $R(5)$ і $R(10)$, помноженими на 10^{-1} та 10.

Порядок виконання

1 Повторити теоретичний матеріал і відповісти на запитання:

Що таке номінальний розмір виробів?

Що таке технологічний допуск?

Якій величині дорівнює множник a_i для різних геометричних параметрів?

2 Уважно ознайомитися з таблицею 4.1. Порівняти значення коефіцієнтів точності K для різних класів точності зі стандартними рядами переважних чисел. Якому ряду вони відповідають ($R(5)$, $R(10)$, і т. д.)?

Те саме виконати для допусків у першому рядку і першій колонці для інтервалів номінальних розмірів.

3 Заповнити таблицю 4.1 для інших класів точності (за вказівками викладача).

4 Побудувати графік залежності допусків i від номінальних розмірів L (для $a_i = 1$). Встановити значення допусків (відповідно до стандартних рядів переважних чисел) для інтервалів номінальних розмірів, наведених у таблиці 4.1. Зрозуміти принцип стандартизації допусків лінійних розмірів та інших геометричних показників.

5 Визначити допуски розмірів виробу з такими номінальними розмірами (для класу точності за вказівками викладача):

- панелі перекриття: довжина $L = 6,28 \text{ м}$ (6280 мм), ширина $B = 1,2 \text{ м}$ (1200 мм), висота $H = 0,22 \text{ м}$ (220 мм);
- палі залізобетонні квадратного перерізу: $L = 12 \text{ м}$, $B = 0,3 \text{ м}$.

6 Визначити допуски розмірів виробів згідно з вказівками викладача.

План звіту

- 1 Тема і мета практичного заняття.
 - 2 Викладення загальних відомостей про порядок визначення допусків.
 - 3 Заповнена таблиця допусків лінійних розмірів.
 - 4 Графік залежності i від L для $a_i = 1$ із позначеними значеннями допусків i для різних інтервалів L .
 - 5 Висновки з роботи.
- Література [1-4].

Практичне заняття 5

СТАНДАРТИЗАЦІЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ РОЗМІРІВ У БУДІВНИЦТВІ. ОЦІНЮВАННЯ ТОЧНОСТІ ПРОЦЕСУ

Мета: вивчити принципи стандартизації геометричних показників у будівництві.

Завдання: ознайомитися з методикою визначення класу точності процесу і показника рівня точності h , ознайомитися з ДСТУ.

Загальні відомості

ДСТУ встановлює загальні правила статистичного аналізу точності геометричних параметрів для виготовлення будівельних елементів (деталей, виробів, конструкцій), виконання розбивочних робіт у процесі будівництва і установлення елементів у конструкціях будівель і споруд. Статистичним аналізом встановлюють закономірності розподілу дійсних значень геометричних параметрів конструкцій будівель і споруд і їхніх

елементів і визначають статистичні характеристики точності цих параметрів. На основі результатів статистичного аналізу оцінюють дійсну точність і встановлюють можливості технологічних процесів і операцій із забезпечення необхідної точності. Для наочного уявлення про статистичний характер розподілу довжини виробів доцільно побудувати гістограму.

Гістограма – стовпчикова діаграма, яка показує частоту повторень різних параметрів у визначених інтервалах (рисунок 5.1). Зазвичай гістограма наближена до симетричного дзвоноподібного вигляду, тобто нормального закону розподілу.

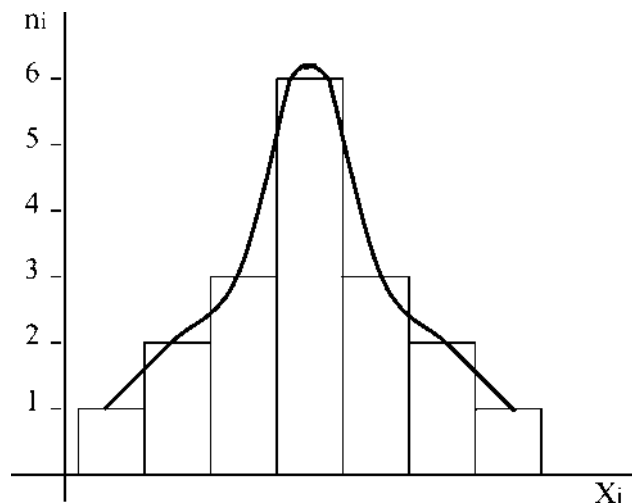


Рисунок 5.1 – Гістограма розподілу довжини виробів

Для побудови гістограми розподілу довжини залізобетонних виробів використовують вибірку цього параметра, яка містить не менше 20 значень. Довжина виробів визначена за допомогою рулетки з точністю до 1 мм. Будують гістограму в такому порядку.

- 1 У виборці знайти $X_{\min}$ і $X_{\max}$ значення параметра.
- 2 Визначити різницю між $X_{\min}$ і $X_{\max}$ значеннями (розмах).
- 3 Вибрати оптимальний інтервал змінення параметра, щоб гістограма містила 7-12 інтервалів.

4 На осі абсцис відкласти інтервали, записати їхні значення під відрізком інтервалу, а не на границі між ними, підписати вісь X_i .

5 Перевірити, щоб у перший інтервал увійшло значення $X_{\min}$, а в останній – $X_{\max}$.

6 На осі ординат відкласти частоту повторень, підписати вісь n_i .

7 Розглядаючи кожне значення у вибірці, визначити інтервал, у який воно потрапляє, і на графіку відобразити його у вигляді квадрата (прямокутника).

8 Якщо в інтервал входить наступне значення із вибірки, відобразити квадрат над побудованим раніше. Отже, стовпчики зростають знизу до верху.

9 Після побудови гістограми над кожним стовпчиком можна підписати кількість квадратів (повторень). Це полегшить заповнення таблиці для подальших розрахунків.

10 Перевіркою правильності побудови гістограми є рівність суми всіх квадратів і кількості значень у вибірці.

Після побудови гістограми заповнити таблицю 5.1.

Таблиця 5.1

Номер інтервалу	Середина інтервалу, X_i	Кількість (частота) повторень значень в інтервалі n_i	$\bar{X}_i - X_o$	$(\bar{X}_i - X_o)n_i$	$(\bar{X}_i - X_o)^2$	$(\bar{X}_i - X_o)^2 n_i$
1	2	3	4	5	6	7
m						
		$N = \sum_{i=1}^m n_i$		$\sum_{i=1}^m (\bar{X}_i - X_o)n_i$		$\sum_{i=1}^m (\bar{X}_i - X_o)^2 n_i$

За X_0 приймають середину інтервалу з максимальною кількістю повторень (найвищого стовпчика гістограми).

Визначити суми колонок 3 і 7. Визначити середнє геометричне значення (стандарт), підставляючи у формули суми, визначені в таблиці.

Вибіркове середнє і стандарт розраховують за формулами

$$\bar{X} = X_0 + \frac{\sum_{i=1}^m (\bar{X}_i - X_0) n_i}{N}, \quad (5.1)$$

$$S_N = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m (\bar{X}_i - X_0)^2 n_i}{N-1}}. \quad (5.2)$$

Клас точності визначають з умови

$$\Delta \geq 2 \cdot t \cdot S_N, \quad (5.3)$$

де Δ – найближче більше до значення $2 \cdot t \cdot S_N$ значення допуску для певного інтервалу номінального розміру у відповідних таблицях ДСТУ;

t – коефіцієнт, що приймають за таблицею 5.2 залежно від значення приймального рівня дефектності q .

Таблиця 5.2 – Значення t залежно від q

$q, \%$	0.25	0.65	1.5	4.0	10.0
t	3.0	2.7	2.4	2.1	1.6

Приймальний рівень дефектності q приймають за таблицею 5.3.

Таблиця 5.3 – Значення приймального рівня дефектності

Приймальний рівень дефектності q, %	Галузь застосування
1	2
0,25; 1,5	Параметри, що є складовими або результуючими для розрахунку точності конструкцій за ГОСТ 21780-83 і забезпечують надійність споруди в експлуатації, щодо забезпечення точності яких існують підвищені вимоги. Порушення вимог щодо точності таких параметрів є критичним дефектом
4,0	Параметри, що є відповідними або результуючими для розрахунку точності конструкцій за ГОСТ 21780-83, а також впливають на експлуатаційні властивості об'єкта контролю. Порушення вимог щодо точності цих параметрів є значним дефектом
10,0	Параметри, що не входять у вихідні рівняння для розрахунку точності конструкції за ГОСТ 21780-83 або які уточнюються на місці. Порушення вимог щодо точності цих параметрів є малозначущим дефектом

Для більшості практичних випадків розрахунків точності потрібно виконувати з приймальним рівнем дефектності 4 %.

Для зіставлення рівня точності різних виробництв у різні проміжки часу використовують показник рівня точності h , що характеризує запас точності відносно допуску Δ :

$$h = \frac{\Delta - 2 \cdot t \cdot S_N}{\Delta}, \quad (5.4)$$

де S_N — вибіркова оцінка середнього квадратичного відхилення (стандарту).

Якщо h за абсолютним значенням виявляється меншим, ніж 0,14, то слід вважати, що запас точності буде відсутній. Якщо h – від'ємна величина і за своїм абсолютним значенням перевищує 0,14, то це означає, що процес перейшов до більш низького класу точності.

Для значення h , що наближається до 0,5, потрібно перевіряти можливість віднесення процесу до більш високого класу точності.

Порядок виконання

1 Повторити теоретичний матеріал і відповісти на запитання:

Як розрахувати величину стандарту табличним способом?

За якою формулою визначають клас точності показника?

За якою формулою визначають запас точності?

2 Побудувати гістограму розподілу геометричних розмірів панелей типу ПТК, виготовлених за добу (номінальний розмір $L_o = 6280$ мм) за такими даними: 6265, 6282, 6291, 6267, 6278, 6280, 6271, 6288, 6277, 6269, 6282, 6290, 6273, 6282, 6279, 6272, 6277, 6278, 6268, 6279.

3 Розрахувати величину стандарту табличним способом.

4 Визначити клас точності геометричних розмірів (точності процесу).

5 За вказівками викладача побудувати гістограму розподілу геометричних розмірів залізобетонних виробів, табличним способом розрахувати S_N , визначити клас точності. Використовуючи показник рівня точності h , визначити можливість віднесення процесу до більш високого класу точності.

План звіту

1 Тема, мета і завдання практичного завдання.

2 Загальні відомості.

3 Гістограма розподілу геометричних розмірів виробів типу ПТК.

4 Розрахунок величини стандарту S_N .

5 Оцінювання класів точності процесів, розрахунок A і h .

6 Висновки з роботи.

Література [1-4].

Практичне заняття 6

СТАНДАРТИЗАЦІЯ ПОКАЗНИКІВ МІЦНОСТІ БЕТОНУ. РОЗРАХУНОК СТАТИСТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК

Мета: навчитися оцінювати показники міцності бетону статистичним способом.

Завдання: ознайомитися з методикою статистичного оцінювання показників міцності бетону, навчитися подавати міцнісні показники у вигляді гістограм, розраховувати середню міцність, коефіцієнт варіації.

Загальні відомості

Як і інші показники якості, міцність бетону є випадковою величиною, і для її оцінювання необхідно використовувати статистичні способи за ГОСТ 18105-86. Причинами (виробничими факторами) цього є коливання властивостей матеріалів, із яких вироблено бетон, зокрема коливання активності цементу, вміст глинястих частинок і щебеню в піску, неточність дозування матеріалів, нестабільність режимів тепло-вологої обробки (ТВО) виробів у камері пропарювання (тепловому агрегаті), наприклад різниця температур під кришкою камери і на дні тощо. Загалом налічують у виробництві бетонних і залізобетонних виробів до 20 основних виробничих факторів, що істотно впливають на коливання міцності бетону, тобто мають не випадковий характер. Деякі дослідники налічують до 100 факторів.

Отже, контролювати міцність бетону (на стиск, розтяг та ін.) необхідно не за разовим випробуванням серії зразків (зазвичай на виробництві за трьома зразками, виготовленими з однієї суміші), а статистичними способами за даними випробувань декількох десятків серій зразків за період, що аналізують.

Міцність бетону, як відомо, визначають у заводських умовах на пресі, стискаючи бетонні зразки кубічної форми розмірами 10x10x10 см, що вироблені серіями із трьох зразків для однієї і тієї самої проби бетонної суміші. Звичайно для масового виготовлення залізобетонних виробів

(наприклад пустотні залізобетонні плити перекриття типу ПТК, фундаментні блоки стін підвалів типу ФС та ін.) виробляють три зразки (серія) за зміну або добу. За контрольоване значення міцності приймають середнє з трьох (або з двох накопичувальних у серії з трьох) значень випробуваних зразків. Загалом за місяць може бути виготовлено приблизно від 20 до 100 серій зразків. Цей період зручно прийняти за той, що аналізують. Можлива інша тривалість періоду, що аналізують, важливим є дотримання представництва вибірки, що забезпечена для $N = 30$.

Для наочного подання про статистичний характер розподілу міцності бетону доцільно будувати гістограму розподілу міцності бетону. Дані для побудови гістограми за період, який аналізують, вибирають із заводського журналу випробувань бетонних зразків кубічної форми («журнал міцності»). Із вибірки величиною N визначають мінімальне $R_{\min}$ і максимальне $R_{\max}$ значення міцності, знаходять розмах коливань міцності $W = R_{\max} - R_{\min}$ і розбивають його на 7-12 інтервалів через 10, 15, 20 або 30 кгс/см² залежно від величини розмаху. На осі абсцис відкладають визначені інтервали міцності, а на осі ординат - кількість повторень n_i .

Статистичними характеристиками міцності бетону за період, що аналізують, є:

- середнє арифметичне

$$N = \frac{\sum_{i=1}^m X_i}{N}; \quad (6.1)$$

- середнє геометричне (стандарт)

$$S_N = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m (\bar{X}_i - X_0)^2 n_i}{N-1}}; \quad (6.2)$$

- коефіцієнт варіації

$$v = \frac{S}{\bar{X}}, \quad (6.3)$$

де X_i – значення міцності у вибірці;

N – кількість значень у вибірці.

Статистичні характеристики найпростіше визначити за згрупованими у відповідності з гістограмою даними про міцність.

Нормативною величиною коефіцієнта варіації є $v^H = 13,5\%$ (0,135). Прийнято вважати, що коефіцієнт варіації відображає загальний рівень технологічних процесів. Чим він менше, тим вище рівень технологічних процесів і навпаки. У ДСТУ вказані допустимі межі v . Для $v > 20\%$ – дуже низький рівень технологічних процесів. Підприємство потрібно закрити і удосконалювати параметри технології, які впливають на міцність бетону (дозування компонентів бетонної суміші, перемішування, ущільнення, пропарювання).

Для $v = 17+20\%$ – низький рівень технологічних процесів.

Для $v = 13,5+17\%$ – середній рівень технологічних процесів.

Для $v \leq 13,5\%$ – достатній рівень технологічних процесів.

Порядок виконання

1 Повторити теоретичний матеріал і відповісти на запитання:

Чому міцність бетону є випадковою величиною?

Як будувати гістограму розподілу міцностей за період, що аналізують?

Якими статистичними характеристиками визначають міцність бетону?

2 Побудувати гістограму розподілу за даними за період, що аналізують (січень 2025 року), наведеними в таблиці 6.1.

3 Розрахувати табличним способом статистичні характеристики міцності бетону $\bar{X}$, S , v .

4 За визначеним коефіцієнтом варіації міцності бетону з'ясувати рівень технологічного процесу на підприємстві.

5 Виконати завдання з визначення рівня технологічного процесу за вибіркою міцності бетону, яку видав викладач.

Таблиця 6.1

Дата випробувань	Результати випробувань R_i , кгс/см ²		
02.01.2025	128	178	193
03.01.2025	116	139	151
04.01.2025	144	149	110
07.01.2025	199	82	167
08.01.2025	105	152	136
09.01.2025	159	155	113
10.01.2025	165	95	135
11.01.2025	182	168	129
14.01.2025	155	180	99
15.01.2025	143	102	150
16.01.2025	120	151	138
17.01. 2025	93	164	129
18.01. 2025	134	117	149
21.01. 2025	138	142	122
22.01. 2025	109	177	185
23.01. 2025	132	115	122
24.01. 2025	166	162	100
25.01. 2025	119	172	98
28.01. 2025	105	125	144
29.01. 2025	122	152	162
30.01. 2025	130	131	150

План звіту

- 1 Тема і мета практичного заняття.
 - 2 Викладення загальних відомостей із статистичного оцінювання показників міцності бетону.
 - 3 Гістограма розподілу міцності бетону за період, що аналізують.
 - 4 Розрахунок статистичних характеристик міцності бетону $\bar{X}$, S , v табличним способом.
 - 5 Визначення рівня технологічного процесу на підприємстві.
 - 6 Виконання завдання, яке видав викладач.
 - 7 Висновки з роботи.
- Література [1-4].

Практичне заняття 7

СТАНДАРТИЗАЦІЯ ПОКАЗНИКІВ МІЦНОСТІ БЕТОНУ.

КЛАСИ БЕТОНУ ЗА МІЦНІСТЮ

Мета: вивчити принципи стандартизації показників міцності бетону і основи управління міцністю бетону.

Задання: ознайомитися з поняттями «клас бетону за міцністю» і «забезпеченість бетону», навчитися розраховувати забезпеченість класу бетону за міцністю і корегувати склад бетону для отримання забезпеченості класу 0,95, ознайомитися з вимогами ДСТУ щодо показників міцності бетону.

Загальні відомості

Раніше основними показниками міцності бетону вважали марку бетону і відпускну міцність бетону (після пропарювання), наприклад марку бетону МБ100, МБ150, МБ200 і т. д. Відпускну міцність приймали у відсотках марочної (наприклад 70 %, 80 % тощо залежно від призначення виробів).

Згідно з раніше чинним (до 1984 року) СНиП II-21-75, для проектування залізобетонних і бетонних конструкцій розраховували нормативну міцність $R^{\text{нормат}}$ за формулою

$$R^{\text{нормат}} = R^{\text{нормов}}(1 - 1,64 v^H), \quad (7.1)$$

де $R^{\text{нормов}}$ – нормована (марочна або відпускну) міцність, згідно з якою заводи ЗБК виготовляли вироби;

v^H – нормативний коефіцієнт варіації, $v^H = 0,135$ (13,5 %).

Підставляючи v^H у формулу (7.1), отримаємо

$$R^{\text{нормат}} = 0,78 R^{\text{нормов}} . \quad (7.2)$$

Як бачимо, нормативна міцність урахувала можливе зниження міцності бетону через її неоднорідність. Однак у зв'язку з тим, що величину $R^{\text{нормат}}$ не доводили до відома заводських працівників для її забезпечення, управління міцністю бетону було недостатньо ефективним, бо дійсні значення на заводах зазвичай значно відхиляються від $v^H = 0,135$ як в один, так і в інший бік.

У ДСТУ за величину, яка контролюють заводи ЗБК, БМУ, стали вважати класом бетону за міцністю, МПа, наприклад В7.5, В10, В12.5, В15 і т. д. із кроком 2.5 МПа.

Клас бетону, за колишнім СНиП 2.03.01-84, - це гарантована міцність бетону із забезпеченістю 0,95. Тобто у вибірці, наприклад, величиною $N = 100 \cdot 95$ значень міцності мають бути вище класу, а п'ять значень можуть бути нижче класу за міцністю. Для вибірки, коефіцієнт варіації якої дорівнює 13.5 %, клас бетону за міцністю і середня міцність знаходяться в такій залежності:

$$\bar{R} = \frac{B}{0.0981(1-1.64v)} \quad (7.3)$$

для

$$v = 0,135 \cdot B \approx 0,0981 - 0,78 \bar{R}. \quad (7.4)$$

Клас В можна також визначити як раніше існуючу нормативну міцність, що округлена до значення кратного 2.5 або 5 МПа і виражена в мегапаскалях.

Отже, міцність бетону стала нормованою не за маркою, а за класом і його забезпеченістю. Це дасть змогу підвищити надійність бетону за міцністю, а бетонних і залізобетонних виробів за несучою здатністю і буде сприяти більш раціональному використанню цементу.

На рисунку 7.1 зображена гістограма розподілу міцності бетону.

Необхідний клас С17 відображений пунктирною лінією.

Забезпеченість класу бетону за міцністю визначають за формулою

$$N = \frac{N-n_1}{N}, \quad (7.5)$$

де n_1 - кількість значень міцностей, величина яких нижче класу.

Для розглядуваного випадку (рисунок 7.1) $n_1 = 7,5$; $N = 43$. Відповідно,

$$Z = \frac{43 - 7,5}{43} = 0,83.$$

Отримана величина Z нижче, ніж нормована, що неприпустимо. Для забезпечення необхідного класу бетону за міцністю необхідно зменшити коефіцієнт варіації міцності бетону або збільшити міцність бетону. Зменшення коефіцієнта варіації міцності бетону потребує проведення аналізу виробничих факторів і проведення на основі цього аналізу спеціальних заходів. Міцність бетону збільшують різними способами:

- використання пластифікаторів;
- застосування цементу вищої марки;
- удосконалення параметрів ущільнення бетонної суміші;
- застосування регульованої вологості під час тепло-вологої обробки виробів.

Найбільш простим, але недостатньо економічним, є збільшення витрат цементу. Розглянемо цей випадок.

Знайдемо значення міцності $S^{\text{факт}}$ (фактичний клас), забезпеченість якого відповідає необхідній (0,95).

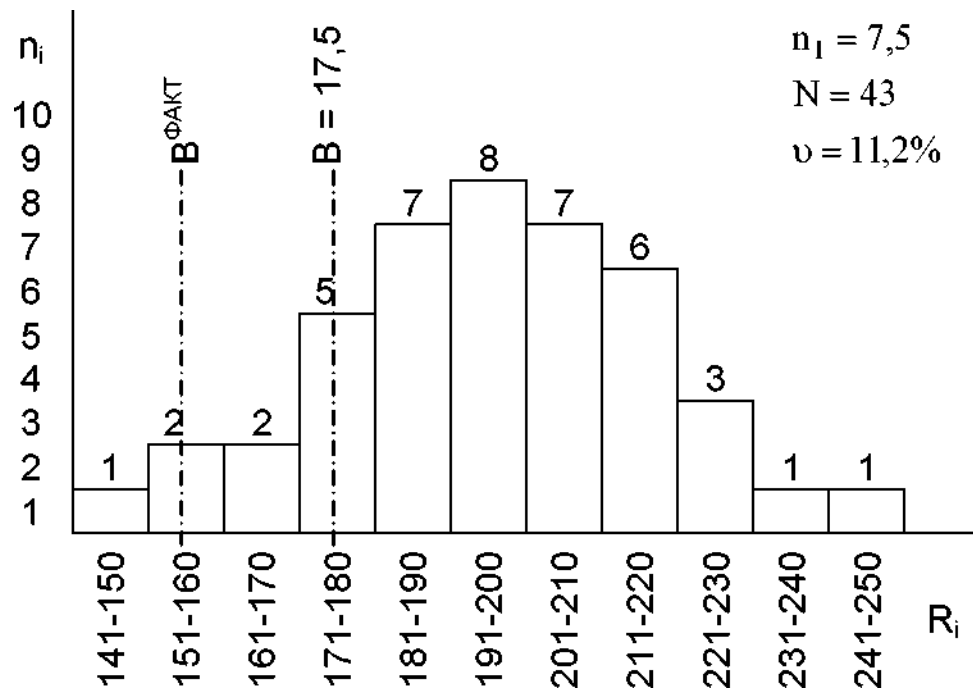


Рисунок 7.1 – Гістограма розподілу міцності

Величина n_1 для цього випадку має складати

$$n_1 = N(1 - 0,95) = 43 \cdot 0,05 = 2,15.$$

Значення $C^{\text{факт}}$ при цьому можна знайти за виразом

$$C^{\text{факт}} = R_i - \Delta R(\sum n_i - n_i)/n_i, \quad (7.6)$$

де R_i – максимальне значення міцності в i -му інтервалі, у межах якого розміщений $C^{\text{факт}}$;

$\sum n_i$ – сума частот повторень в усіх попередніх та i -му інтервалі.

Для розглядуваного випадку

$$C^{\text{факт}} = 160 - 10 \cdot (3 - 2,15)/2 = 155,75 \text{ кгс/м}^2 = 15,58 \text{ МПа}.$$

Для того щоб забезпеченість необхідного класу С стала дорівнювати 0,95, необхідно, щоб усі значення міцностей збільшилися на величину, при цьому гістограма розподілу зсувається праворуч, а фактичний клас $C^{\text{факт}}$ суміщений із необхідним С.

$$\Delta R_1 = B - B^{\text{факт}} = (17,5 - 15,58) \cdot 10 = 19,2 \text{ кгс/см}^2.$$

Таке збільшення міцності можливе за рахунок збільшення витрат цементу за незмінної кількості води. Подальші розрахунки ґрунтовані на законі міцності бетону

$$R_6 = A \cdot R_u \cdot \left(\frac{Ц}{B} \pm 0,5 \right), \quad (7.7)$$

де R_6 – міцність бетону, МПа;

A – коефіцієнт якості заповнювачів (для $A = 0,55$ – погана якість заповнювачів, для $A = 0,6$ – середня якість заповнювачів, для $A = 0,65$ – добра якість заповнювачів);

R_u – активність цементу (іноді співпадає з маркою), МПа;

$Ц$ – витрати цементу, кг/м³;

B – витрати води, кг/м³.

Знайдемо вираз для корегування витрат цементу з формули (7.7) (для $Ц/B = 2,5$;))

$$\frac{Ц_0}{B} = \frac{R_{60} - 0,5AR_u}{AR_u}, \quad (7.8)$$

де $Ц_0$, R_{60} – витрати цементу і міцність бетону до корегування.

Після корегування витрати цементу позначимо через $\mathcal{C}_1$, а міцність – R_{61} . Відповідно, уявимо систему рівнянь і розв'яжемо її відносно $\mathcal{C} = \mathcal{C}_1 - \mathcal{C}_0$:

$$\begin{aligned}\frac{\mathcal{C}_0}{B} &= \frac{R_{60} - 0,5AR_{\mathcal{C}}}{AR_{\mathcal{C}}}; \\ \frac{\mathcal{C}_1}{B} &= \frac{R_{61} - 0,5AR_{\mathcal{C}}}{AR_{\mathcal{C}}}; \\ \Delta\mathcal{C} = \mathcal{C}_1 - \mathcal{C}_0 &= (R_{61} - R_{60}) \frac{B}{AR_{\mathcal{C}}} = \frac{\Delta R_1 B}{AR_{\mathcal{C}}}. \quad (7.9)\end{aligned}$$

Величина ΔR_1 може бути також визначена, як уже зазначали, як різниця $\Delta R_1 = C - C^{\text{факт}} = 19,2 \text{ кгс/см}^2$. Причому $A = 0,6$; $R_{\mathcal{C}} = 400$; $B = 200 \text{ кг/м}^3$. Підставивши ці величини у формулу (7.9), отримаємо $\mathcal{C} = 19,2 \cdot 200 / 0,6 / 400 = 16 \text{ кг/м}^3$.

Як бачимо, витрати цементу необхідно збільшувати на 16 кг/м^3 . Якщо $C < C^{\text{факт}}$, величина $\Delta\mathcal{C}$, за формулою (7.9), стає від'ємною, тобто витрати цементу необхідно зменшувати.

Порядок виконання

1 Повторити теоретичний матеріал і відповісти на запитання:

Що таке клас бетону за міцністю?

Який взаємозв'язок між класом і середньою міцністю бетону?

Якими способами можна збільшити міцність бетону?

Як визначити забезпеченість класу бетону за даними гістограми?

Як знайти (визначити) зміну витрат цементу ЛЦ?

2 За даними гістограми, зображеної на рисунку 7.2, розрахувати табличним способом статистичні характеристики міцності $\bar{X}$, S , v , забезпеченість класу бетону 3 і скорегувати витрати цементу на величину $\Delta\mathcal{C}$ для випадків, коли $B = 25 \text{ МПа}$ (I) і $B = 20 \text{ МПа}$ (II).

3 Розрахувати зміну витрат цементу за завданням викладача.

План звіту

- 1 Тема, мета і завдання практичного заняття.
- 2 Загальні відомості.
- 3 Гістограма розподілу міцності та розрахунок зміни витрат цементу.

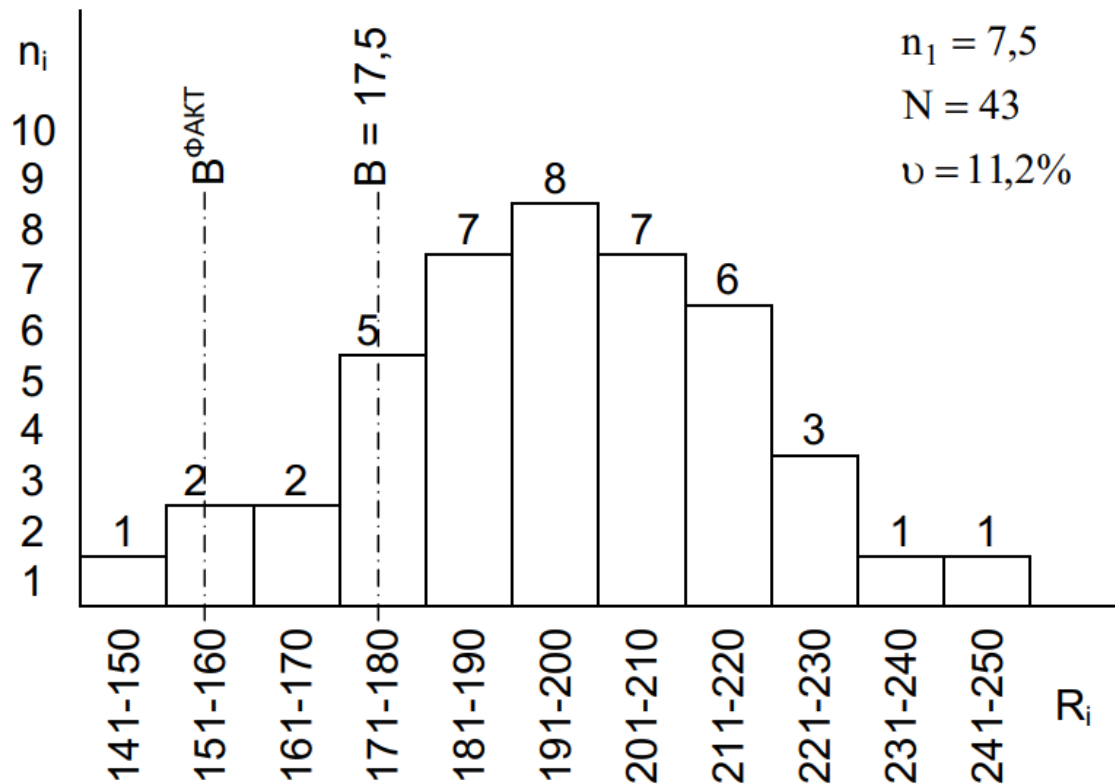


Рисунок 7.2 – Гістограма розподілу міцності

4 Гістограма розподілу міцності та розрахунок зміни витрат цементу за варіантом.

5 Завдання, видане викладачем.

6 Висновки з роботи.

Література [1-4].

Практичне заняття 8
УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ БЕТОНУ.
РОЗРАХУНОК СТАТИСТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК І
УПРАВЛІННЯ МІЦНІСТЮ БЕТОНУ ЗА ДОПОМОГОЮ ПЕОМ

Мета: навчитися використовувати ПЕОМ для управління якістю бетону (за міцнісними показниками).

Завдання: ознайомитися з алгоритмом і програмою побудови гістограми міцності бетону за період, що аналізують, розрахувати статистичні характеристики R , S , σ , Z і скорегувати склад бетону.

Загальні відомості

Програма розрахунку статистичних характеристик і побудови гістограми розподілу міцності за період, що аналізують, достатньо громіздка і її зручно уявити у вигляді окремих модулів, кожний із яких можна написати і налаштувати незалежно від інших. На рисунку 8.1 наведена схема програми, яка складається з цих модулів (модульна схема).

Порядок виконання

- 1 Повторити теоретичний матеріал і відповісти, із яких модулів складається програма.
- 2 Отримати у викладача завдання та інструкцію з користування програмою розрахунку.
- 3 Ввімкнути ПЕОМ і виконати індивідуальне завдання.

План звіту

- 1 Тема і мета практичного заняття.
- 2 Загальні відомості.
- 3 Алгоритм програми.
- 4 Результат розрахунку статистичних характеристик і гістограма розподілу міцності за період, що аналізують (вклеїти в зошит роздруковані з принтера ПЕОМ).

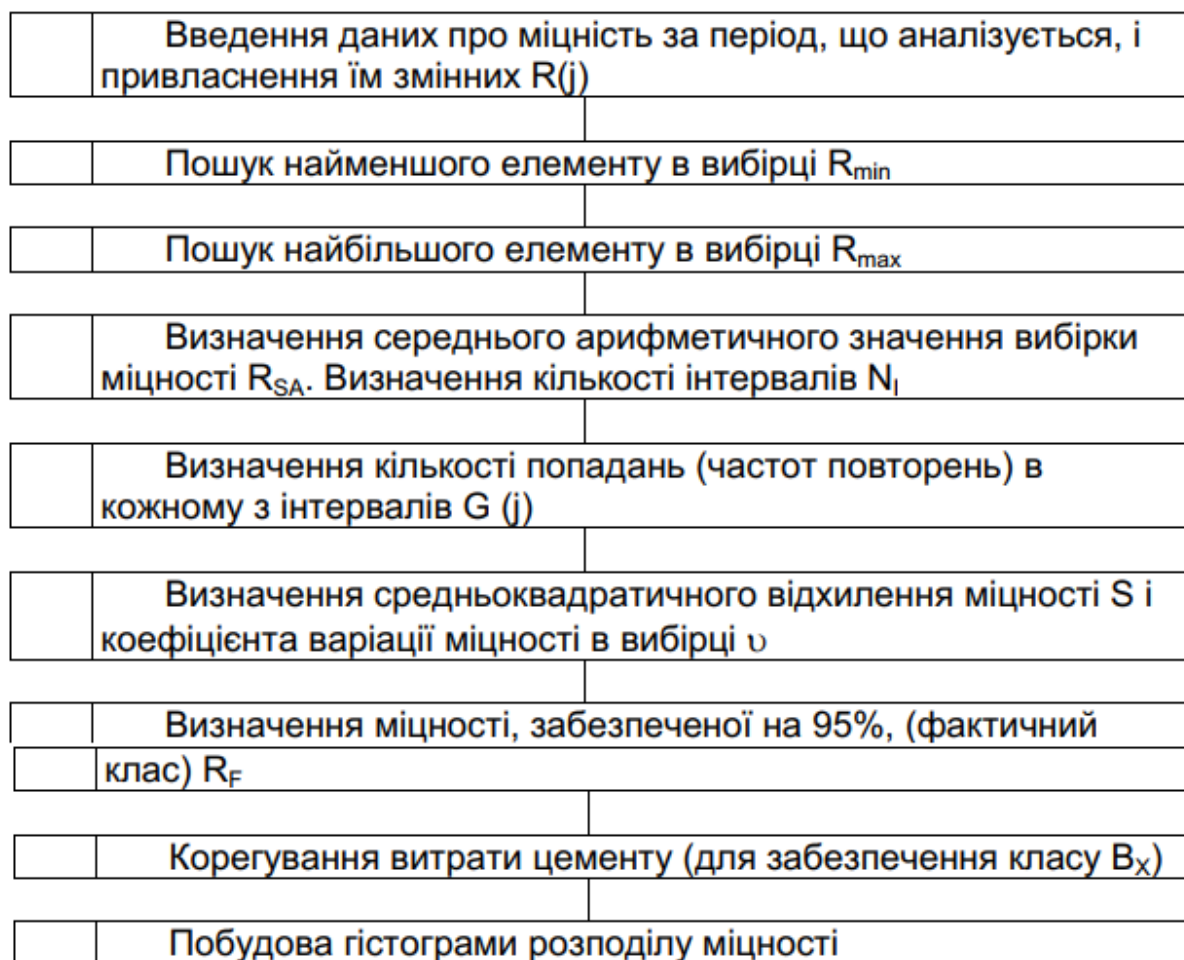


Рисунок 8.1 – Модульна схема «Програма розрахунку статистичних характеристик»

Запитання для самоконтролю

- 1 Наведіть основні стандарти ДСВ.
- 2 Що визначає ДСВ?
- 3 Як позначають стандарти ДСВ?
- 4 Завдання державної метрологічної системи України.
- 5 На що спрямована державна метрологічна система?
- 6 Функції державної метрологічної служби України.
- 7 Склад метрологічної служби України.
- 8 Хто здійснює державне управління забезпеченням єдності вимірювань?

- 9 Що входить до компетенції Держстандарту України?
- 10 Функції метрологічних центрів Держстандарту України.
- 11 Де можуть бути створені метрологічні служби?
- 12 Функції метрологічних служб центральних органів виконавчої влади.
- 13 Об'єкти державного метрологічного нагляду і контролю.
- 14 Що належить до державного нагляду?
- 15 Які перевірки проводять у суб'єктів підприємницької діяльності?
- Література [1-4].

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1 Про метрологію та метрологічну діяльність: Закон України від 15.11.2024 р., № 4017-IX. База даних «Законодавство України» / ВР України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1314-18#Text> (дата звернення: 20.06.2026).

2 ДСТУ 3651.0–97. Метрологія. Одиниці фізичних величин. Основні одиниці фізичних величин Міжнародної системи одиниць. Основні положення, назви та позначення. Чинний від 2097-09-10. Вид. офіц. Київ: Держстандарт України, 1998. 9 с.

3 ДСТУ 3651.1–97. Метрологія. Одиниці фізичних величин. Похідні одиниці фізичних величин Міжнародної системи одиниць та позасистемні одиниці. Основні положення, назви та позначення. Чинний від 2097-09-10. Вид. офіц. Київ : Держстандарт України, 1998. 15 с.

4 Бичківський Р. В., Столярчук П. Г., Гамула П. Р. Метрологія, стандартизація, управління якістю і сертифікація : підручник Львів : Вид-во нац. ун-ту «Львівська політехніка», 2004. 500 с.

5 Кириченко Л. С., Мережко Н. В. Основи стандартизації, метрології та управління якістю : навч. посіб. Київ : КНТЕУ, 2001. 446 с.

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
для виконання практичних занять

з освітнього компонента
*«МЕТРОЛОГІЯ, СТАНДАРТИЗАЦІЯ
ТА ОСНОВИ АВТОМАТИЗАЦІЇ»*

Відповідальний за випуск Герасименко О. С.

Редактор Ібрагімова Н. В.

Підписано до друку 24.07.2026 р.
Умовн. друк. арк. 2,5. Тираж . Замовлення № .
Видавець та виготовлювач Український державний університет
залізничного транспорту,
61050, Харків-50, майдан Фейєрбаха, 7.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 6100 від 21.03.2018