

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

**Є. С. Сєдишев,
А. В. Набока,
Д. Г. Петренко,
Ю. М. Круль**

МЕТРОЛОГІЯ І СТАНДАРТИЗАЦІЯ

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

(для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти всіх форм навчання зі спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія, освітньо-професійна програма «Промислове та цивільне будівництво»)

Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2024

УДК 624.01(075.8)

Метрологія і стандартизація : конспект лекцій для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти всіх форм навчання зі спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія, освітньо-професійна програма «Промислове та цивільне будівництво» / Є. С. Сєдишев, А. В. Набока, Д. Г. Петренко, Ю. М. Круль ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2024. – 107 с.

Автори:

ст. викл. Є. С. Сєдишев,
канд. техн. наук, ст. викл А. В. Набока,
канд. техн. наук, ст. викл Д. Г. Петренко,
канд. техн. наук, ст. викл Ю. М. Круль

Рецензент

С. М. Золотов, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри будівельних конструкцій (Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова)

Рекомендовано кафедрою будівельних конструкцій, протокол № 1 від 31 серпня 2022 р.

© Є. С. Сєдишев, А. В. Набока,
Д. Г. Петренко, Ю. М. Круль, 2024
© ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2024

ЗМІСТ

ВСТУП	5
ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ «МЕТРОЛОГІЯ».....	6
ТЕМА 1 (2 години)	6
1.1 Метрологія як наука про вимірювання	6
1.2 Метрологія: основні поняття та визначення	9
1.3 Державні метрологічні організації і державне метрологічне забезпечення	10
1.4 Фізичні величини та їх одиниці	13
1.5 Еталони і передача розмірів одиниць робочим засобам вимірів	16
ТЕМА 2 (2 години)	18
2.1 Принципи та методи вимірювання в будівельній справі	18
2.2 Засоби вимірювальної техніки	21
2.3 Похибки результатів вимірювання	23
2.4 Повірка засобів вимірювальної техніки	27
ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ «ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ОБ'ЄКТІВ БУДІВНИЦТВА».....	29
ТЕМА 3 (2 години)	29
3.1 Організація контролю якості і прийомки в будівництві	29
3.2 Перевірка якості стану матеріалів і з'єднань	31
3.3 Оцінка міцності матеріалу за механічною характеристикою його поверхневого шару	35
3.4 Ультразвуковий імпульсний метод визначення механічних характеристик матеріалів	40
3.5 Визначення положення та діаметра арматури в залізобетоні	44
3.6 Радіаційний контроль якості матеріалів і з'єднань	47
ТЕМА 4 (4 години)	48
4.1 Методика проведення випробувань будівельних конструкцій	48

4.2 Вибір елементів для випробувань	49
4.3 Вибір схем і видів навантаження	50
4.4 Вимірювальні прилади для статичних випробувань і їхнє застосування	54
4.5 Вимірювання деформацій	56
4.6 Оцінка результатів статичних випробувань	60
4.7 Динамічні випробування будівельних конструкцій	61
ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ «СТАНДАРТИЗАЦІЯ».....	70
ТЕМА 5 (2 години)	70
5.1 Стандартизація як основа якості	70
5.2 Принципи та методи стандартизації	72
5.3 Категорії та види стандартів.....	73
5.4 Система стандартів у промисловості та будівництві	76
5.5 Порядок розробки, затвердження та впровадження стандартів	78
ТЕМА 6 (4 години)	80
6.1 Система конструкторської і технологічної документації	80
6.2 Міжнародна стандартизація	83
6.3 Якість продукції	85
6.4 Основи сертифікації продукції	91
6.5 Основні положення з технічного регулювання	96
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	98
ДОДАТКИ	99

ВСТУП

Курс «Метрологія і стандартизація» – один із завершальних серед дисциплін, присвячених технологіям, матеріалам і конструкціям у будівництві.

Головна мета курсу – дати уявлення майбутнім спеціалістам про місце наук «Метрологія» і «Стандартизація» у народному господарстві і будівництві, а також у міждержавному співробітництві.

У лекціях викладені основні положення метрології і стандартизації, принципи і основні поняття та визначення, деякі їхні закономірності, зв'язок цих наук із життям людей і виробничою діяльністю на прикладі будівельної справи. Наведені приклади вимірювань, а також випробувань досліджених об'єктів. Викладені методи контролю якості будівельних матеріалів для об'єктів, що будуються, і для тих будівель або споруд, що деякий час експлуатувалися. Розглядається блок нормативно-технічної документації щодо впровадження стандартизації, сертифікації і технічного контролю в будівництві.

Текст лекцій складено відповідно до програми курсу «Метрологія і стандартизація» для підготовки бакалаврів спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія, що використовується на кафедрі будівельних конструкцій Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова і становить 16...18 годин лекційного курсу.

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ «МЕТРОЛОГІЯ»

ТЕМА 1 (2 години)

1.1 Метрологія як наука про вимірювання

Працівникам галузі будівництва постійно доводиться проводити ті чи інші виміри, особливо це стосується контролю якості продукції, проведення обстежень будівель і споруд, визначення показників міцності будівельних конструкцій тощо. Виміри – це процес встановлення значень будь-яких фізичних величин за допомогою технічних засобів і їхнє порівняння з еталонами. Теорією і практикою вимірів займається метрологія.

Здавна людям досить часто доводилось мати справу з різними вимірюваннями: при будівництві споруд, визначенні напрямку руху морем із використанням астрономії, у торгівлі, при визначенні пропорцій людського тіла. У стародавні часи частини людського тіла використовувались як міра довжини: ширина великого пальця – *дюйм*, ширина долоні – *пальма*, довжина стопи – *фут*, відстань від ліктя до кінця середнього пальця – *лікоть* та ін.

В Англії ще в XVII ст. була прийнята одиниця міри довжини – *фут* (нога, стопа), яка дорівнювала 30,5 см. Вболівальники футболу знають, що розміри футбольних воріт становлять 7,22 м × 2,44 м, або 24 × 8 футів, оскільки Англія є батьківщиною футболу.

Різні народи нашої планети перебували на неоднакових стадіях розвитку, то й міри були різноманітні. Досить пригадати, що в XVIII ст. в Європі було понад 100 різних футів, понад 120 фунтів, 46 миль та інших одиниць виміру.

У Київській Русі найпоширенішими мірами довжини були верста, сажень, лікоть, аршин, ступня, долоня, вершок, палець; мірами ваги – пуд, гривня, гривенка, золотник, почка, пиріг тощо.

Одиницями виміру часу на Русі були рік, місяць, тиждень, доба, година. До того ж відлік нового року починався і з березня, і з вересня. Указом царя Петра I введено початок нового року з першого січня 1701 року.

Вдосконаленням мір та впорядкуванням їх точності в Російській імперії систематично почали займатися тільки з XVIII століття.

Указом від 1835 року «Про систему російських мір і ваги» було закладено основу російської системи вимірювання, а в Санкт-Петербурзькій фортеці в одному з особливих приміщень зберігалося нове зібрання еталонних мір довжини, місткості рідких і крихких тіл та вагових одиниць. За цими еталонами були виготовлені і розіслані в губернії Росії вивірені копії аршина, відра, четверика, фунта.

Практичним застосуванням російських мір і ваги займалося засноване в 1842 р. «Депо еталонних мір та ваги». Організація «Депо і встановлення правил повірки робочих мір» (далі – «Депо») стала тією основою, яка забезпечувала єдність вимірювання і одноманітність мір у Росії. Першим хранителем «Депо еталонних мір і ваги» був призначений академік А. Я. Купфер – відомий учений і метролог, який очолював «Депо» з 1842 до 1865 р. Вагомий вклад у розвиток метрології своїми працями зробили такі вчені, як Г. І. Вільд, Б. С. Якобі, В. С. Глухов, Д. І. Менделєєв, Н. Г. Єгоров, Л. В. Залуцький, В. В. Бойцов та ін.

Метрична система мір.

Зміцнення культурних і економічних зв'язків вимагало подальшого впорядкування системи мір із розробленням єдиної, прийнятної для держав міжнародної одноманітної системи мір і ваги.

В кінці XVIII ст. у Франції Національні збори ухвалили декрет щодо реформи системи мір і доручили Паризькій академії наук провести підготовчу роботу. Комісія під керівництвом Лагранжа запропонувала десятинну систему з кратними і дільовими частинами, а комісія під керівництвом Лапласа запропонувала одиницю довжини, як $1/40\,000\,000$ частина довжини паризького меридіана. Цю одиницю назвали *метр*. За одиницю маси було запропоновано масу кубічного дециметра чистої води при температурі $+4\text{ }^{\circ}\text{C}$, яку назвали *кілограмом*. Таким чином, перша метрична система мір, у якій одиниці довжини, площі, об'єму і маси були чітко поєднані, була законодавчо прийнята 7 квітня 1795 року Національними зборами Франції.

22 червня 1799 року роботи над метричною системою були завершені, виготовлені із платини прототипи одиниці довжини у вигляді лінійки завдовжки

1 метр, завтовшки 4 мм і завширшки 25 мм, а також одиниці маси – 1 кілограм у вигляді платиного циліндра висотою і діаметром 39 мм. Платинові прототипи метра і кілограма згодом передали на збереження до Національного Архіву Франції.

20 травня 1875 року 17 держав-учасниць підписали *Метричну конвенцію*, що мала важливе значення для міжнародної уніфікації одиниць вимірювання.

У 1889 році російська делегація одержала на Першій генеральній конференції з мір та ваги по дві копії прототипів метра № 11 і № 28 та кілограма № 12 і № 26, виготовлених із платино-іридієвого сплаву.

Для збереження одноманітності, точності і взаємної відповідності мір і ваги на базі російського Депо еталонних мір і ваги у 1893 році було створено Головну палату мір і ваги, президентом якої став Д. І. Менделєєв. При палаті було організовано низку лабораторій, обладнаних першокласною на той час вимірювальною технікою. Вона перетворилася на справжню метрологічну установу, яка забезпечувала єдність вимірювань у Росії.

Подальша історія розвитку метрології в колишньому СРСР починається з Декрету Совнаркому від 14 вересня 1918 р. про введення метричної системи мір і ваги. Він сприяв подальшому розвитку науково-дослідних робіт щодо забезпечення єдності вимірювань і розвитку приладобудування.

Метрологія має важливе значення для науково-технічного прогресу, оскільки без вимірювань, без постійного підвищення їх точності неможливий розвиток жодної з галузей науки і техніки. Завдяки точним вимірюванням стали можливими численні фундаментальні відкриття. Наприклад, вимірювання густини води з підвищеною точністю обумовило відкриття в 1932 р. важкого ізотопу водню – *дейтерію*, мізерний вміст якого в звичайній воді здатний збільшувати її густину.

Розвиток науки й промисловості стимулював розвиток вимірювальної техніки, а вдосконалення вимірювальної техніки, в свою чергу, активно впливали на розвиток багатьох галузей науки і техніки. Жодне наукове дослідження чи

процес виробництва не може обійтися без вимірювань, без вимірювальної інформації. Ні в кого немає сумніву відносно того, що без розвитку методів і засобів вимірювання прогрес у науці і техніці неможливий.

1.2 Метрологія: основні поняття та визначення

Галузь науки, яка вивчає вимірювання, називають *метрологією*. Слово «метрологія» утворене із двох грецьких слів: «metron» – «міра» і «logos» – «наука». Дослівний переклад – «наука про міри».

Метрологія в її сучасному розумінні – ***це наука про вимірювання, методи та засоби забезпечення єдності вимірювань і способи досягнення необхідної точності цих вимірювань.***

Єдність вимірювань – стан вимірювань, коли результати виражені в прийнятих одиницях, а похибки вимірювань прийняті із заданою ймовірністю. Єдність вимірювань необхідна для порівняння результатів вимірювань, що проведені в різних місцях, в різний час, з використанням різних методів і засобів вимірювання. Результати при цьому повинні бути однаковими незалежно від використання методів і засобів вимірювання. Наприклад, маса в 1 кг чи інша одиниця фізичної величини повинна бути адекватною в різних місцях, при вимірюванні різними засобами, методами та експериментаторами.

Точність вимірювань означає максимальну наближеність їх результатів до істинного значення вимірюваної величини.

Правильність вимірювання – характеристика якості вимірювання, що відображає близькість до нуля систематичної похибки вимірювання.

Об'єкт вимірювання – матеріальний об'єкт, одна або декілька властивостей якого підлягають вимірюванню. Об'єктами вимірювання можуть бути фізичні величини або ж параметри технологічних процесів, апаратів; наприклад, температура, тиск, рівень, витрата, густина, концентрація, якість продукції тощо.

Вимірювані величини – фізичні величини чи параметри, які відображають властивості об'єкта як в кількісному, так і якісному відношеннях. Термін «параметр» походить з грецької мови і в перекладі означає «вимірюю»,

«співвідношу», як фізична величина він відображає властивості об'єкта. Параметри можуть бути як поодинокими, так і комплексними показниками властивостей об'єкта.

Засіб вимірювальної техніки – технічний засіб, який застосовують під час вимірювання і що має нормовані метрологічні характеристики. З огляду на те що в житті доводиться вимірювати надзвичайно велику кількість фізичних величин і користуватися при цьому різними приладами, вони мають відповідати своєму класу точності, мати нормовані метрологічні характеристики, своєчасно проходити перевірки і бути одноманітними.

Одноманітність засобів вимірювальної техніки – такий стан засобів, за якого вони проградуєвані в узаконених одиницях і їх метрологічні характеристики відповідають нормам.

Таким чином, одним із головних завдань метрології є забезпечення єдності і необхідної точності вимірювань на підприємствах галузей й в державі.

У більшості держав світу заходи щодо забезпечення єдності і необхідної точності вимірювань установлюються (закріплюються) законодавчо: шляхом ухвалення одиниць вимірювань, регулярних перевірок технічних, зразкових та еталонних засобів, випробуваннями нових засобів вимірювання, підготовки кадрів тощо.

1.3 Державні метрологічні організації і державне метрологічне забезпечення

Вищим органом з питань стандартизації, метрології та якості продукції в нашій країні є Державний комітет України з питань стандартизації, метрології та сертифікації (Держстандарт України).

Структура Держстандарту України нараховує 35 центрів стандартизації, метрології та сертифікації, в тому числі 26 обласних. Крім того, до складу Держстандарту України входять і науково-дослідні інститути (наприклад, Харківське науково-виробниче об'єднання «Метрологія»).

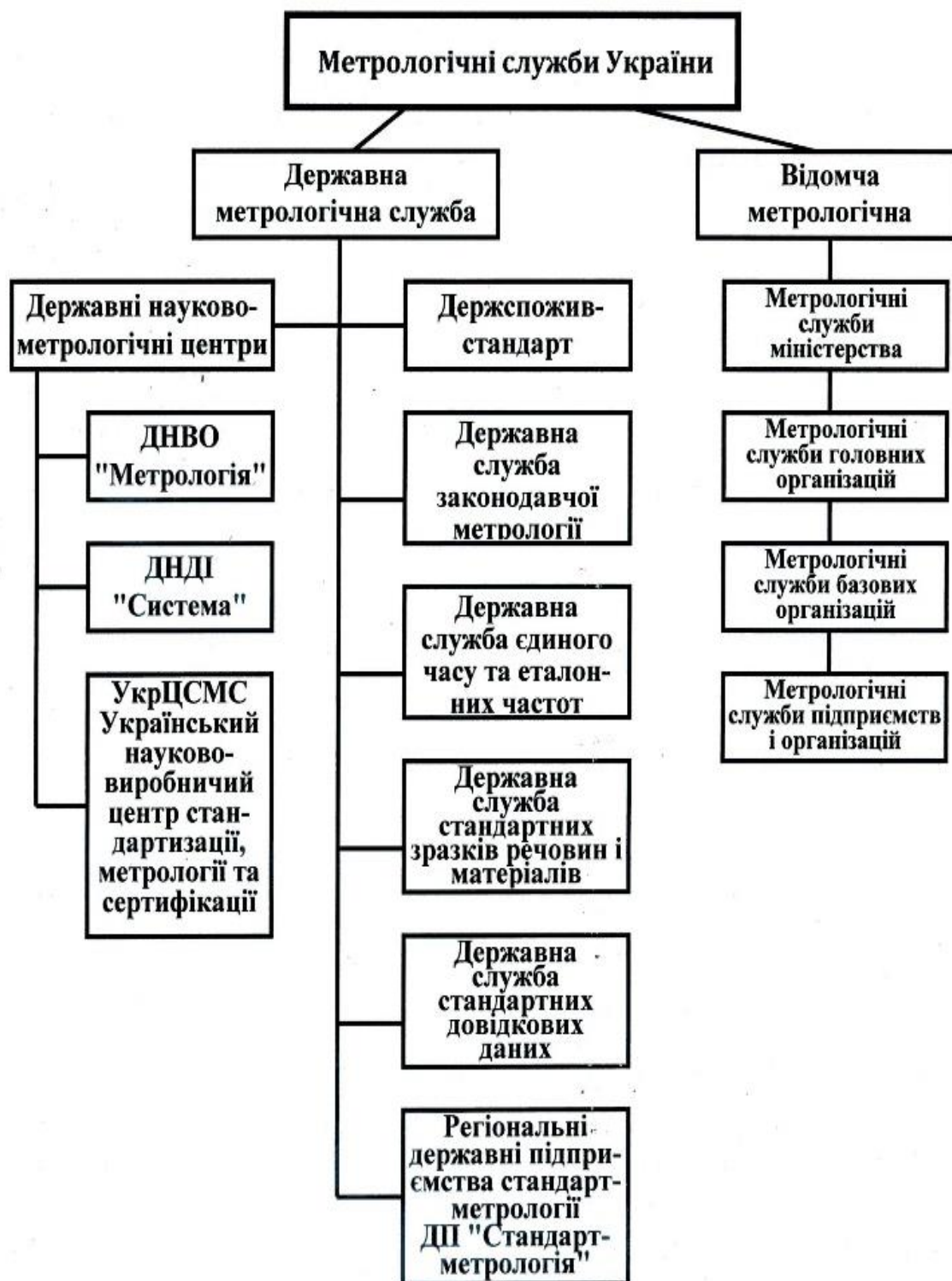


Рисунок 1.1 – Структура метрологічної служби України

Держстандарт України здійснює державне управління забезпеченням єдності вимірювань в Україні і організовує проведення фундаментальних досліджень в галузі метрології, створення та функціонування еталонної бази України, проведення перевірок засобів вимірювальної техніки та ін. Рішення

Держстандарту України з питань метрології є обов'язковими для виконання центральними та місцевими органами виконавчої влади, органами місцевого самоврядування, підприємствами, організаціями, громадянами – суб'єктами підприємницької діяльності та іноземними виробниками.

Державна метрологічна служба, очолювана Держстандартом України, також включає державні контрольні лабораторії, відомчі і заводські відділи, лабораторії.

На початку XXI століття Україна реалізує свій державний суверенітет з метою визначення свого місця серед міжнародного товариства і забезпечення миру, стабільності, добробуту українському народу, а також заради активної участі в світовій торгівлі та науковому співробітництві.

Україні є що запропонувати своїм партнерам – від космічних технологій, продукції суднобудування до ліків, продуктів харчування і будівельних матеріалів. Якість вітчизняної продукції базується більш ніж на 200-річному досвіді, вона закріплена відповідними стандартами та сертифікатами.

Україна вступила до Світової організації торгівлі (СОТ), що потребує подальшого розвитку та вдосконалення національної системи стандартизації, метрології та сертифікації в напрямку зближення з міжнародними та європейськими стандартами, угодами і підходами. Цьому сприятиме участь України в Міжнародній організації з питань стандартизації (ISO) та інших міжнародних організаціях, де її представляє Держстандарт.

Законодавчою основою національної метрологічної системи є Закон України «Про метрологію та метрологічну діяльність» від 11 лютого 1998 року № 113/98-ВР, який визначає правові основи забезпечення єдності вимірювань у нашій державі, регулює суспільні відносини у сфері метрологічної діяльності та спрямований на захист громадян і національної економіки від наслідків помилкових результатів вимірювання.

Державне метрологічне забезпечення.

Держава через систему Держстандарту України здійснює метрологічний контроль усіх сфер життєдіяльності країни шляхом упровадження заходів метрологічного забезпечення.

До державного метрологічного забезпечення входять:

- система державних еталонів одиниць фізичних величин, що забезпечують відтворення цих одиниць з найвищою точністю;
- система передачі розмірів одиниць фізичних величин від еталонів усім засобам вимірів;
- система розробки, постановки на виробництво і випуск в побут робочих засобів вимірів, що забезпечують визначення з необхідною точністю характеристик продукції (у виробництві, наукових дослідженнях);
- система стандартних довідкових даних щодо фізичних констант і властивостей речовин і матеріалів, що забезпечують достовірними даними науку і виробництво;
- державні випробування або метрологічна атестація засобів вимірів, призначених для серійного чи масового виробництва і ввозу їх через кордон партіями, що забезпечують однаковість засобів вимірів при їхній розробці і випуску в побут;
- обов'язкова державна і відомча повірка засобів вимірів, що забезпечує однаковість засобів вимірів при їх виготовленні, експлуатації і ремонті;
- стандартні зразки складу і властивостей речовин і матеріалів, що забезпечують відтворення одиниць величин, що характеризують склад і властивості речовин і матеріалів.

1.4 Фізичні величини та їх одиниці

Поняття фізичної величини – це найзагальніше поняття у фізиці та метрології. Під *фізичною величиною* варто розуміти властивість, спільну в якісному відношенні для багатьох матеріальних об'єктів та індивідуальну в кількісному відношенні для кожного з них. Наприклад, усі об'єкти мають масу і

температуру, проте для кожного окремого об'єкта як маса, так і температура різні та конкретні за певних обставин.

Для встановлення різниці за кількісним вмістом властивостей у кожному об'єкті вводять поняття «розмір фізичної величини».

Між розмірами кожної фізичної величини існує відношення, яке має ту саму логічну структуру, що й між числовими формами (цілими, раціональними чи дійсними числами, векторами), тому множина числових форм з визначеними співвідношеннями між ними може слугувати моделлю фізичної величини, тобто множини її розмірів та співвідношення між ними.

Поняття про систему одиниць фізичних величин увів німецький астроном і математик К. Гаусс. Було встановлено, що для певної області вимірів (техніка, механіка, акустика, електротехніка, теплотехніка, світлотехніка і т. д.) можна вибрати кілька величин і необхідні інші утворити від *основних* за певним правилом. Ці одиниці називають *похідними*. Сукупність *основних* і *похідних* одиниць, що належать до деякої системи величин (областей вимірів), називається *системою одиниць фізичних величин*. Зусиллями вчених різних країн була розроблена форма метричної системи мір – *Міжнародна система одиниць SI* (*SI* – початкові букви французької назви *Systeme International*).

У 1997 році Держстандарт України ухвалив постанову щодо введення в державі Міжнародної системи одиниць – ДСТУ 3651.1–97 Метрологія. Одиниці фізичних величин. Основні одиниці фізичних величин Міжнародної системи одиниць. Основні назви, положення та позначення.

Визначення основних одиниць відповідно до рішення Генеральної конференції з мір і ваги:

– *метр* – довжина шляху, який проходить світло у вакуумі за $1/299\,792\,458$ частину секунди;

– *кілограм* – одиниця маси, що дорівнює масі Міжнародного прототипу кілограма;

– *секунда* – $9\,192\,631\,770$ періодів випромінювання переходу між двома надтонкими рівнями основного стану атома цезію-133;

– *ампер* – сила незмінного струму, який, проходячи через два паралельних прямолінійних провідники нескінченної довжини і занадто малого круглого перерізу, що розміщені на відстані метра один від одного у вакуумі, утворив би між провідниками силу в 2×10^{-7} Н на кожний метр довжини;

– *кельвін* – одиниця термодинамічної температури – $1/273,16$ частини термодинамічної температури потрійної точки води;

– *кандела* – сила світла, що випромінюється з площі у $1/600\,000$ м² перерізу повного випромінювача у перпендикулярному до цього перерізу напрямку при температурі затвердіння платини та тиску 101 325 Па;

– *моль* – кількість речовини, яка вміщує стільки ж молекул (атомів, частинок), скільки вміщується атомів у нукліді вуглецю-12 масою в 0,012 кг.

Крім основних одиниць СІ, існує велика група похідних одиниць, які визначають за законами взаємозв'язків між фізичними величинами або ж на основі визначення фізичних величин. Відповідні похідні одиниці СІ виводяться із рівнянь зв'язку між величинами. Залежно від наукового напрямку утворені похідні одиниці для простору, часу, механічних, теплових, електричних, магнітних, акустичних, світлових величин та величин іонізуючого випромінювання.

Окрім основних та похідних одиниць Міжнародної системи СІ, є ще *позасистемні* одиниці. Значного поширення набули одиниці тиску: атмосфера, бар, міліметр ртутного стовпа, міліметр водяного стовпа. Позасистемними одиницями є хвилина, година; одиницями довжини – ангстрем, світловий рік, парсек; одиницями площі – ар, гектар; одиницями електричної енергії – електрон-вольт, кіловат-година; одиницями акустичних величин – децибел, фон, октава та ін. Крім названих, є ще *позасистемні* одиниці тимчасового використання (морська миля, яка дорівнює – 1 852 м, гектар – 10 000 м², ар – 100 м², бар – 10⁵ Па та ін.), а також відносні та логарифмічні величини.

Найпрогресивнішим способом утворення кратних та частинних одиниць є прийнята у метричній системі мір десяткова кратність між великими і малими

одинацями. Десяткові кратні та частинні одиниці від одиниць СІ утворюються шляхом використання множників та префіксів від 10^{18} до 10^{-24} (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 — Множники і префікси для утворення кратних та частинних одиниць

Множник	Префікс		
	Назва	Позначення	
		українське	міжнародне
$1\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000 = 10^{18}$	екса	Е	Е
$1\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000 = 10^{15}$	пета	п	р
$1\ 000\ 000\ 000\ 000 = 10^{12}$	тера	Т	Т
$1\ 000\ 000\ 000 = 10^9$	гіга	Г	G
$1\ 000\ 000 = 10^6$	мега	М	М
$1\ 000 = 10^3$	кіло	к	k
$100 = 10^2$	гекто	г	h
$10 = 10^1$	дека	да	da
$0,1 = 10^{-1}$	деци	д	d
$0,01 = 10^{-2}$	санти	с	c
$0,001 = 10^{-3}$	мілі	м	m
$0,000\ 001 = 10^{-6}$	мікро	мк	μ
$0,000\ 000\ 001 = 10^{-9}$	нано	н	n
$0,000\ 000\ 000\ 001 = 10^{-12}$	піко	п	p
$0,000\ 000\ 000\ 000\ 001 = 10^{-15}$	фемто	ф	f
$0,000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 001 = 10^{-18}$	атто	а	a
$0,000...001 = 10^{-21}$	зенто	зп	z
$0,000...001 = 10^{-24}$	йокто	й	y

1.5 Еталони і передача розмірів одиниць робочим засобам вимірів

Єдність вимірів досягають шляхом точного відтворення та зберігання встановлених одиниць фізичних величин і передачі їх розмірів робочим засобам вимірів. Відтворення, зберігання й передачу розмірів одиниць здійснюють за допомогою еталонів і зразкових засобів вимірів.

Еталон – це спосіб вимірів (або комплекс способів вимірів), що забезпечує відтворення й зберігання одиниці з метою передачі її розміру нижчим за перевіркою схемою засобам вимірів, виконане за особливими правилами й затвердженого у встановленому порядку.

Еталони за підпорядкованістю розподіляють на *первинні* (вихідні) і *вторинні* (підлеглі). Первинні еталони відтворюють одиниці й передають їхні розміри з найвищою точністю, досягнутою в даній області вимірів. Основні одиниці в цей час можуть бути відтворені з погрішностями: довжина – $5 \cdot 10^{-9}$ м; маса – $2 \cdot 10^{-3}$ мг; сила струму – $4 \cdot 10^{-6}$ А; температура – 0,001 К; сила світла – $2 \cdot 10^{-3}$ кд; сила – $5 \cdot 10^{-6}$ Н; тиск – $3 \cdot 10^{-8}$ Па; час, частота – $1 \cdot 10^{-12}$.

Первинні еталони є вихідними для країни, їх затверджують як державні еталони. До вторинних еталонів відносять еталони-копії, еталони порівняння й робочі еталони. Еталони-копії призначені для передачі розмірів одиниць робочим еталонам. Еталони порівняння призначені для взаємного порівняння еталонів. Робочі еталони призначені для перевірки зразкових і найбільш точних робочих засобів вимірів.

Державні еталони створюють, затверджують та зберігають організації Держстандарту України. Вторинні еталони створюють, зберігають і застосовують міністерства й відомства. Протягом терміну служби еталонів вони піддаються систематичним дослідженням з метою забезпечення незмінності розмірів відтворених ними одиниць.

Кожний еталон – це складна установка, що включає комплекс засобів вимірів, обладнання, допоміжних пристроїв. Наприклад, одиниця довжини *метр* відтворюється за допомогою інтерференційної установки, що містить лампу із криптоном-86, інтерфотометр із фотоелектричним мікроскопом, рефрактометр для визначення показань переломлення повітря, термометричну апаратуру для точних вимірів температури міри й повітря. Процес відтворення метра і його підрозділів полягає в порівнянні довжини штрихових або кінцевих еталонів з первинною еталонною довжиною хвилі відбитої лінії випромінювання криптону-86 на інтерференційному компараторі.

Одиницю маси *кілограм* відтворюють за допомогою платиново-іридієвого прототипу № 12. Він отриманий Росією в 1889 р. й узаконений як первинний еталон маси СРСР в 1918 р.

Одиницю часу *секунду* відтворюють за допомогою еталона, основою якого є генератори на атомарному водні й кварцові годинники.

Міри або вимірювальні прилади, призначені для перевірки за ними інших засобів вимірів, називають зразковими засобами вимірів. Зразкові засоби зберігають і застосовують органи метрологічної служби. Зразкові засоби виміру проходять метрологічну атестацію, на них видають спеціальні посвідчення із вказівкою параметрів і розряду за державною перевіркою схемою.

ТЕМА 2 (2 години)

2.1 Принципи та методи вимірювання в будівельній справі

Вимірювання фізичних величин – це невід’ємна операція технологічних процесів, контролю й випробувань матеріалів, деталей, конструкцій і приймання готової продукції – будинків і споруд.

Вимірювання – це процес експериментального відшукування значень фізичної величини за допомогою спеціальних засобів вимірювання. Виміряти деяку фізичну величину Q – значить зрівняти її з іншою величиною q , прийнятої за одиницю виміру й виразити першу в частках останньої в математичній формі:

$$Q = k \cdot q,$$

де k – будь-яке позитивне ціле або дробове число, що показує в скільки разів Q більше або менше q .

У якості *істинного значення* фізичної величини приймають таке її значення, що ідеальним образом відтворює якісні й кількісні властивості вимірюваного об’єкта. Поняття *істинне значення обмірюваної величини* близьке до поняття номінального або проектного значення.

Значення фізичної величини, що отримане експериментальним шляхом, і настільки наближається до істинного, що може бути використане замість нього, називають *дійсним значенням* фізичної величини. Значення фізичної величини

може бути отримане в результаті *прямих (безпосередніх) вимірів* (вимір маси на вагах, температури – термометром, довжини – за допомогою лінійних мір і т.д.), або *непрямих (посередніх)*, за яких вона перебуває як функція безпосередньо обмірюваних величин (щільність за масою й геометричними розмірами, міцність бетону за часом проходження сигналу в неруйнівних методах вимірів, визначення крену споруд за результатами кутових і лінійних вимірів тощо).

Виміри поділяють на *необхідні*, що дають тільки один результат вимірюваної величини, і *повторні (додаткові)*, в результаті яких одержують кілька значень вимірюваної величини. Оцінка точності вимірів може бути зроблена тільки за наявності повторних вимірів. З метою контролю й оцінки точності необхідно робити, принаймні, два виміру однієї й тієї самої фізичної величини.

Для точних вимірювань фізичних величин у метрології розроблені способи використання принципів і засобів вимірювальної техніки, застосування яких дозволяє вилучити із результатів вимірювань ряд систематичних і випадкових похибок і позбавити експериментатора необхідності вводити поправки для їх компенсації, а в деяких випадках взагалі одержувати вірогідні результати.

Принцип вимірювання – фізичне явище або сукупність фізичних явищ, які покладені в основу вимірювання певної величини. Наприклад, вимірювання температури за допомогою використання термоелектричного ефекту, зміни електричного опору тензорезисторного перетворювача чи зміни тиску термометричної речовини газового термометра та ін.

Засіб вимірювальної техніки – технічний засіб, який застосовують під час вимірювань і має нормовані метрологічні характеристики.

Метод вимірювання – сукупність способів використання засобів вимірювальної техніки та принципів вимірювань для створення вимірювальної інформації.

Вимірювальна інформація – інформація щодо вимірювання величин та залежності між ними у вигляді сукупності їх значень.

У метрології в процесі вимірювань найширше застосовують *прямі методи* вимірювання, що забезпечують визначення вишуканої величини за експериментальними даними.

В технічних галузях і будівництві застосовують такі методи вимірювань:

– *метод безпосередньої оцінки*, за яким значення величини визначають безпосередньо за відліковим пристроєм (тиск – манометром, характеристики струму – амперметром, вольтметром). Це, мабуть, найпоширеніший метод вимірів;

– *метод порівняння з мірою*, за якого вимірювану величину порівнюють із величиною, відтвореною мірою (порівняння маси на вагах з гирями, лінійні виміри рулеткою, де довжину одержують як набір лінійних величин);

– *метод збігів*, за якого різниця між вимірюваною величиною, і величиною, відтвореною мірою, вимірюють за збігом оцінок шкал; за цим методом вимірюють всі лінійні величини вимірювальними приладами з ноніусами (штангенциркулі, мікрометри) і кутовими приладами з верньєрами (теодоліти).

У наш час у будівельній практиці широко застосовуються неруйнівні методи контролю та випробувань, засновані на магнітних, електричних, оптичних, ультразвукових явищах.

Розрізняють також прямі та посередні методи виміру. За *прямих вимірів* значення вимірюваної величини знаходять безпосередньо з достовірних даних. Більшість вимірювальних засобів засновані на прямих вимірах, (наприклад, вимір температури термометром). За *посередніх вимірів* значення величини, що відшукується, знаходять шляхом обчислення за відомою залежністю між цією величиною й величинами, що піддають прямим вимірам (наприклад, визначення напруги в конструкціях за вимірами деформації).

Вимірювання може бути *контактним*, якщо воно здійснюється при безпосередньому контакті зразка з вимірювальним наконечником приладу, і *безконтактним*, якщо механічний контакт відсутній (оптичні, пневматичні й інші виміри).

2.2 Засоби вимірювальної техніки

До *засобів вимірювань* відносять пристрої з нормованими метрологічними характеристиками, які використовують при вимірах.

Розрізняють такі групи *засобів вимірювань*:

– *міра* – засіб вимірювань, призначений для відтворення фізичної величини заданого розміру (гири; кінцеві міри довжини; лінійні міри, що відтворюють фізичні величини одного розміру – міліметр, сантиметр, метр; вимірювальні колби; конденсатори постійної ємності; калібри, шаблони; стандартні зразки речовин, твердості, шорсткості і т. ін.);

– *вимірювальний прилад* – засіб вимірювань, що забезпечує доступність вимірювальної інформації для безпосереднього сприйняття;

– *вимірювальна установка (система)* – сукупність способів вимірів, призначених для опрацювання вимірювальної інформації в зручній для обробки формі (в тому числі – для використання в автоматизованих системах управління);

– *вимірювальний перетворювач* – засіб вимірювань, призначений для формування сигналу вимірюваної інформації у формі, зручній для передачі, подальшого перетворення, обробки та збереження, хоч безпосередньо він не сприймається спостерігачем.

Основні метрологічні показники засобів вимірювань.

Поділка шкали приладу – проміжок між двома сусідніми оцінками (відмітками) шкали.

Довжина (інтервал) поділки шкали – відстань між осями двох сусідніх оцінок шкали.

Ціна поділки шкали – різниця значень величин, що відповідають двом сусіднім оцінкам шкали.

Діапазон показів (вимірів за шкалою) – інтервал значень шкали, який обмежений її початковим і кінцевим значеннями.

Діапазон вимірів – інтервал значень вимірюваної величини, в межах якої нормовані припустимі похибки засобу вимірів (наприклад, діапазон роботи на гідравлічному пресі 20...80 % діапазону показань шкали його силовимірника).

Межа вимірів – найбільше або найменше значення діапазону вимірів.

Вимірювальна сила – сила впливу вимірювального наконечника на вимірювану деталь у зоні контакту.

Межа припустимої погрішності засобу виміру – найбільша (без обліку знака) погрішність засобу вимірів, за якої воно може бути визнано придатним і допущене до застосування.

Стабільність засобу виміру – властивість, що відбиває сталість у часі його метрологічних показників.

Похибка виміру – різниця між результатом виміру та істинним (дійсним) значенням вимірюваної величини.

Точність вимірів – характеристика якості вимірів, що відбиває близькість до нуля погрішностей їхніх результатів. При високій точності похибки всіх видів мінімальні.

Точність засобів вимірів – якість засобів вимірів, що характеризує близькість до нуля їхніх похибок.

Відтворюваність вимірів – близькість результатів вимірів однієї й тієї ж конкретної величини, що виконані в різних умовах, у різних місцях різними методами й засобами.

Чутливість вимірювального приладу – відношення зміни сигналу на виході вимірювального засобу до зміни вхідної величини. Для шкальних вимірювальних приладів типу індикаторів годинників типу чутливість чисельно дорівнює передатному відношенню механізму приладу.

Поправка – величина, що повинна бути алгебраїчно додана до показання вимірювального приладу або до номінального значення міри, щоб виключити систематичні похибки й одержати значення вимірюваної величини або значення міри, більш близьке їхнім дійсним значенням.

Залежно від меж припустимих похибок засобів вимірів, а також інших їхніх властивостей, що впливають на точність виміру, багатьом типам вимірювальних засобів надають відповідні *класи точності*.

Засоби вимірювань поділяють на *групи* за такими ознаками:

– за принципом дії та використанням енергії – механічні, електричні, рідинні, пневматичні, гідравлічні, хімічні, ультразвукові, інфрачервоні, радіоізотопні і та ін.;

– формою показань – аналогові та цифрові;

– характером відображення – показуючі, самописні, реєструючі, інтегруючі;

– призначенням – промислові (технічні), лабораторні, зразкові, еталонні;

– місцем розташування – щитові, місцеві, дистанційні;

– габаритами – мініатюрні, малогабаритні, нормальні та великогабаритні.

Майже кожний засіб вимірювань можна віднести до будь-якої групи. Наприклад, термометр може бути промисловим, самописним, електричним, щитовим, малогабаритним та ін.

Промислові (робочі) засоби вимірювань є найпоширенішими засобами вимірювальної техніки. Їх використовують для вимірювання технологічних або теплотехнічних параметрів, мають порівняно просту структуру та конструкцію, високу надійність і необхідну точність, прості в експлуатації та ремонті.

Лабораторні прилади використовують для більш точних лабораторних вимірювань в наукових дослідженнях та визначення похибок засобів вимірювань. Для одержання більшої точності вимірювань лабораторні засоби мають досконаліші схеми. До їх показів вводяться поправки, визначені експериментальним або розрахунковим шляхом.

2.3 Похибки результатів вимірювання

Умовою будь-якого вимірювання є існування дійсного значення a вимірюваної величини. В зв'язку з тим, що зовнішні умови можуть змінюватися в процесі випробування, то багаторазові вимірювання однієї і тієї ж величини не виходять однаковими. Різницю між результатом вимірювань x і його істинним значенням a називають *абсолютною похибкою* вимірювання Δ , тобто

$$\Delta = x - a. \quad (2.1)$$

Відносна похибка вимірювань:

$$\frac{\Delta}{x} = \frac{x-a}{x}. \quad (2.2)$$

Абсолютні похибки вимірів, як правило, складаються із двох компонентів: *систематичної* та *випадкової*.

Систематичні похибки мають певний знак і накопичуються за певним функціональним законом в результаті односторонньо діючих факторів. Вони повинні виключатися з результатів вимірів шляхом введення *поправок*, які вираховуються за функціональним законом похибки, або компенсуються відповідною організацією методики обробки вимірів.

Випадкові похибки, що виникають у результаті недосконалості техніки й методів вимірів, зміни зовнішніх умов, за рахунок округлення чисел при підрахунках тощо, неминучі й повністю виключити їх з результатів вимірів неможливо.

Вплив похибок на результати випробувань істотно залежить від мети випробування. Якщо випробування проводять з метою виявлення характеру деформування і руйнування конструкції, то вплив похибок буде позначатися в меншій мірі, ніж при проведенні випробувань з метою одержання чисельних параметрів досліджуваних систем. В останньому випадку необхідна більш ретельна підготовка експерименту.

Похибки випробувань зростають з ускладненням вимірювальної апаратури і методики випробувань. Варто пам'ятати також про самочинну зміну показань приладів, тобто про так званий «дрейф нуля». У прогиномірів це пов'язано з поступовим витягуванням дроту та ослабленням кріплення; у наклеєних тензорезисторів – із твердненням клею.

При обробці матеріалів випробувань будівельних матеріалів і конструкцій використовують статистичні імовірнісні методи, тому що міцнісні й пружні параметри матеріалів, варіації навантажень, похибки випробувань носять випадковий, стохастичний характер.

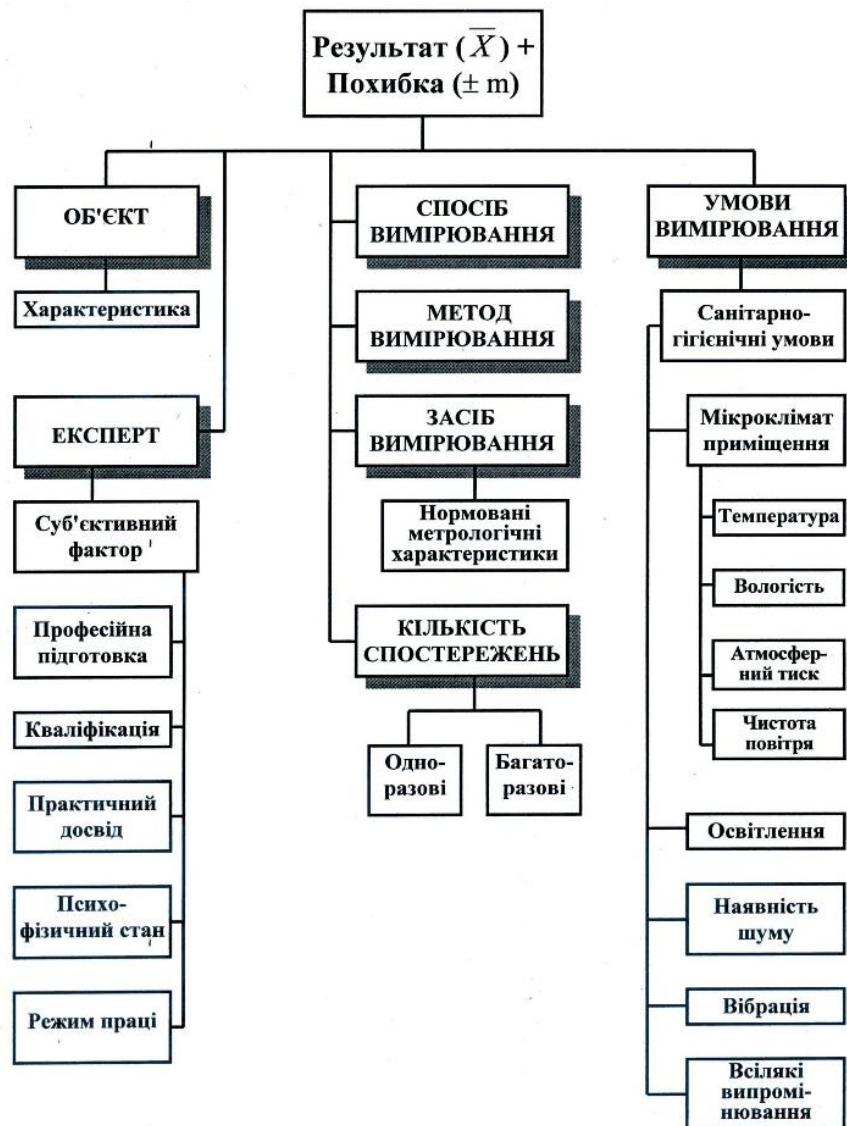


Рисунок 2.1 – Фактори, що впливають на результати вимірювання

Для підвищення точності вимірів, при їх проведенні, варто дотримуватися наступних правил:

– якщо систематична похибка є визначальною, тобто її величина істотно більша випадкової похибки властивої цьому методу, то досить виконати вимір лише двічі, тому що збільшення їх числа не підвищить точності результату вимірювання. Далі треба вирахувати і ввести до кінцевого результату *поправку*;

– якщо систематичні похибки менше випадкових, то, збільшуючи число вимірів, можна одержати результат, точність якого буде вище, ніж точність одного виміру. Маючи масив величин вимірів можна провести його математичну обробку.

В якості найкращого (більш надійного) значення дійсної фізичної величини приймають *середнє арифметичне* з ряду результатів вимірів значення величини x_i :

$$\bar{x} = \sum_1^n x_i/n, \quad (2.3)$$

де n – кількість вимірів однієї й тієї ж величини.

Мірою точності вимірів служить *середнє квадратичне відхилення (стандарт)*

$$\sigma_x = \sqrt{\sum_1^n \Delta_i^2/n}, \quad (2.4)$$

де Δ_i – абсолютні похибки.

Якщо невідоме номінальне або дійсне значення вимірюваної величини, середнє квадратичне відхилення визначають за формулою

$$\sigma_x = \sqrt{\sum_1^n \delta_i^2/(n-1)}, \quad (2.5)$$

де δ_i – різниця між обмірюваним значенням фізичної величини x_i і середнім арифметичним \bar{x} .

$$\delta_i = x_i - \bar{x}. \quad (2.6)$$

Завжди має місце рівність $\sum_1^n \delta_i = 0$, що використовують для контролю обчислень середнього арифметичного значення.

У практиці вимірювань застосовують різні закони розподілу випадкових похибок. Найбільш часто – нормальний закон розподілу (Гаусса):

$$\phi(x) = \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(x-\bar{x})^2}{2\sigma^2}}. \quad (2.7)$$

При статистичній обробці матеріалів вимірювань розв'язують такі задачі:

- визначення середнього значення і довірчого інтервалу вимірюваної характеристики;
- визначення впливу на зміну досліджуваної характеристики зміни тих чи інших факторів;
- установлення кореляційної залежності досліджуваних величин від зміни одного чи декількох факторів, якщо між ними не можна визначити чіткої функціональної залежності.

Довірчий інтервал досліджуваної величини a при заданій імовірності визначають за виразом

$$\bar{x} - t_{\alpha} \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{n}} < x < \bar{x} + t_{\alpha} \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{n}}, \quad (2.8)$$

де $t_{\alpha} = \frac{\Delta x \cdot \sqrt{n}}{\sigma}$ – коефіцієнт Стюдента, що залежить від числа вимірювань n і ймовірності P ; σ – стандарт або середньоквадратичне відхилення.

Коефіцієнт Стюдента визначають за спеціальними таблицями в залежності від кількості дослідів і ймовірності попадання величини a в заданий інтервал.

2.4 Повірка засобів вимірювальної техніки

Повірку, ревізію та експертизу засобів вимірювань проводять відповідно до постанов Держстандарту України і поширюють на всі засоби вимірювальної техніки, які перебувають в експлуатації та обігу в державі.

Повірка засобів вимірювальної техніки – це процес порівняння показів засобів вимірювальної техніки, які повіряють із показами більш точних засобів вимірювань (зразкових, еталонних) з метою визначення їхнього класу точності та встановлення придатності до застосування.

Залежно від рівня метрологічної служби повірки можуть бути державними та відомчими, а за призначенням – первинними, періодичними, інспекційними, позачерговими, комплексними, вибірковими та ін.

Державна повірка засобів вимірювальної техніки – це повірка органами державної метрологічної служби або ж за їх дорученням засобів вимірювальної техніки, які використовують у сферах, що підпадають під державний метрологічний нагляд.

Відомча повірка засобів вимірювальної техніки – це звірка відомчими метрологічними засобів вимірювальної техніки, що не підлягає державній повірці, зокрема повірка технічних засобів вимірювання на підприємствах галузі за допомогою зразкових засобів вимірювання, які своєчасно пройшли державну повірку в обласних чи міських територіальних органах і мають свідоцтво про

повірку. Наприклад, повірка лічильників газу, води та ін. у відомчих лабораторіях.

Первинна повірка засобів вимірювальної техніки – повірка, яку виконують вперше після виготовлення засобів вимірювальної техніки або після їх ремонту чи за умови імпорتنих поставок партій засобів вимірювань.

Періодичну повірку засобів вимірювальної техніки проводять при експлуатації або збереженні засобів вимірювання через певний проміжок часу (міжповірковий інтервал) з метою встановлення їх придатності для експлуатації або ж при пошкодженні клейма, пломби чи втраті документації.

Інспекційна повірка – повірка засобів вимірювальної техніки органами державного нагляду з метою виявлення метрологічних недоліків у засобах вимірювань, що перебувають в експлуатації, на складах і базах постачання.

Терміни періодичних повірок встановлюються метрологічними організаціями залежно від типів, умов експлуатації та збереження на основі систематичного аналізу статистичних даних про їх надійність, інтенсивність роботи, метрологічну стійкість тощо. Зокрема, для більшості технічних засобів вимірювальної техніки (наприклад, манометрів, термометрів, витратомірів та інших приладів) термін повірки становить один рік. При появі дефектів у роботі засобів вимірювання або ж після їх ремонту необхідно проводити позачергову повірку.

Метрологічна ревізія полягає у перевірці стану засобів вимірювальної техніки, у контролі за виконанням правил їхньої повірки та використанням органами державної метеорологічної служби.

Метрологічна експертиза документації – це аналіз і оцінка правильності прийнятих у документації технічних рішень щодо реалізації метрологічних норм і правил. Методи та засоби повірки вимірювальної техніки регламентуються нормативно-технічними документами, стандартами або методичними посібниками.

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ «ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ОБ'ЄКТІВ БУДІВНИЦТВА»

ТЕМА 3 (3 години)

3.1 Основи організації технічного контролю якості і прийомки в будівництві

Якість будівельно-монтажних робіт при їх прийманні від виконавців оцінює виконроб або майстер з урахуванням результатів контролю якості, здійснюваного представниками технагляду замовника, авторського нагляду проектних організацій, лабораторіями, а також органами державного контролю й нагляду. Якість всіх робіт, приховуваних наступними роботами й конструкціями, оцінюють при їх прийманні представники технагляду замовника за участю представника підрядника. Якість робіт зі зведення відповідальних конструкцій оцінюється за участю працівників, що проводять авторський нагляд від проектної організації. Результати оцінки якості заносять до загальних журналів робіт і актів проміжного приймання відповідальних конструкцій, актів освідчення прихованих робіт робочими комісіями і державної приймальної комісії. Якщо відхилення від проекту й нормативних документів не погоджені із проектними організаціями й замовниками, виконані роботи підлягають повторному прийманню тільки після відповідної переробки. Оцінку якості робіт закінченого об'єкта виставляють при здачі його в експлуатацію на основі оцінок якості окремих видів робіт. Приймання закінченого об'єкта будівництва звичайно здійснює державна комісія й затверджує своїм рішенням орган місцевого самоврядування.

При капітальному ремонті або реконструкції існуючих об'єктів виконують *комплексне обстеження конструкцій і об'єкта* в цілому.

Технічне обстеження складається з таких операцій:

– *ознайомлення з документацією* (вивчення робочих креслень, матеріалів інженерно-геологічних досліджень, будівельно-монтажної документації, акта

передачі в експлуатацію, паспорту споруди, журналу експлуатації, документів щодо ремонту, підсилення і зміну технологічного режиму);

– *обстеження об'єкта в натурі*. Установлюють відповідність проекту і споруди в натурі з фіксацією всіх розбіжностей і встановленням їхніх причин. Проводять детальний огляд елементів споруди, починаючи з найбільш відповідальних: опорні частини, з'єднання, стан зв'язків, настилів; установлюють наявність послаблень в елементах конструкцій, корозії, гниття й інших ушкоджень, наявність осідання, деформацій і взаємних зсувів елементів. За результатами обстеження виставляють попередню оцінку стану споруди;

– *виконання обмірів*, коли перевіряють генеральні розміри конструкцій і перерізів елементів. Перевіряють також вертикальність колон, горизонтальність перекриттів;

- *оцінювання* характеру і ступеня *пошкодження (дефектів)* конструкцій;
- *перевірка якості* матеріалу конструкцій і стану стиків і з'єднань;
- *перерахунки* конструкцій з урахуванням даних обстежень.

Особливості огляду окремих видів конструкцій.

При огляді металевих конструкцій у першу чергу визначають стан зв'язків стиснутих елементів решітки ферм, наявність і ступінь корозії, стан зварних швів (особливо в місцях недоступних для нанесення захисних покриттів); *дерев'яних конструкцій* – якість деревини (особливо в розтягнутих елементах), наявність гниття, оглядають опорні вузли балок і ферм, стики розтягнутих елементів; *залізобетонних конструкцій* – наявність нормальних і похилих тріщин у розтягнутій зоні, відшарування і викришування бетону стиснутої зони, наявність тріщин у захисному шарі бетону, що свідчить про корозію арматури; *кам'яних конструкцій* – наявність вертикальних тріщин у найбільш навантажених простінках, ділянки кладки, що примикають до покрівлі, тому що при замочуванні, заморожуванні кладка розшаровується, розчин і окремі цеглини вивітрюються.

Результати огляду оформляють *актом*, у який вносять усі загальні дані щодо споруди, авторів і час розробки проекту, час зведення споруди, термін

експлуатації і всі зміни, що могли призвести до порушення конструкцій; вказують всі помічені дефекти конструкцій і їхні причини; наводять дані випробувань матеріалів конструкцій. Наприкінці акта наводять висновки і рекомендації щодо стану і методів підсилення конструкцій, а також обумовлюють умови подальшої експлуатації споруди. Акт підписують всі особи, що проводили огляд.

3.2 Перевірка якості і стану матеріалів і з'єднань

Перевірці підлягають найголовніші параметри, що характеризують вид матеріалу і з'єднань, умови їхньої роботи. Виконувані при цьому операції розділяють на такі групи:

- *визначення фізико-механічних характеристик*: міцності, деформативності, однорідності, щільності, вологості;
- *виконання дефектоскопії* матеріалів і з'єднань, тобто виявлення порушень суцільності, сторонніх включень, ураження корозією, гнилизною тощо;
- *визначення розмірів* елементів конструкцій, у тому числі тих, доступ до яких можливий з одного боку;
- *перевірка хімічного складу і структури* застосованих матеріалів.

У результаті виконаних вимірів встановлюють «марку або клас» матеріалу.

Методи, що застосовують для визначення фізико-механічних характеристик матеріалів, поділяють на групи:

- *руйнівні методи*, пов'язані із взяттям зразків, що призводить до порушення суцільності матеріалу досліджуваної конструкції;
- *неруйнівні методи*, коли вимірювання виконують безпосередньо на об'єкті без ушкодження його елементів;
- *проміжна група*, коли взяття зразків не потрібне, але до деякої міри послабляється чи порушується поверхня матеріалу.

Добір зразків для руйнівних (лабораторних) методів визначення якості матеріалів.

Добір зразків пов'язаний з ослабленням досліджуваних елементів конструкцій, тому кількість зразків повинна бути мінімальною.

Взяття зразків у металевих конструкціях.

Заготовки для зразків вирізають дисковою фрезою. Розміри заготовок повинні бути на 10 мм більшими, ніж кожна сторона зразка для випробувань. Розміри зразків відповідно до стандартів на випробування приймають мінімальними. Місця взяття зразків на конструкції повинні бути відновлені за допомогою зварювання й посилені накладками. Зразки металу випробовують розривними гідравлічними машинами за стандартом.

Взяття зразків з бетонних конструкцій.

У зв'язку з неоднорідною структурою бетону стандарти дозволяють застосовувати для випробувань зразки таких мінімальних розмірів: кубики з розміром ребра 70,7 мм; циліндри діаметром 70...100 мм; балочки для випробувань на вигин розміром 100 мм × 100 мм × 400 мм. Найкращі умови для зразків будуть при їхній вирізці алмазними коронками або алмазними кругами. Порожнини, що утворилися після виїмки зразків, повинні бути заповнені бетоном на безусадковому цементі.

Зразки бетону випробовують за стандартною методикою на пресах з використанням масштабних коефіцієнтів.

Взяття зразків деревини.

Вирізання зразків деревини для лабораторних випробувань, як правило, недоцільне, тому що несуча здатність дерев'яних конструкцій найбільше залежить від наявності чи відсутності дефектів, ушкоджень і гниття в деревині. Отже, необхідно ретельно оглядати дерев'яні конструкції.

Контроль якості конструкцій і з'єднань проникаючими рідинами і газами.

Контроль герметичності з'єднань.

Випробування водою. Резервуари, газгольдери, які перевіряють, заповнюють водою до позначки трохи вищою за експлуатаційну. Гідростатичним тиском води перевіряють як щільність, так і міцність з'єднань і всієї споруди в цілому, тобто з перевіркою з'єднань суміщають статичні випробування досліджуваної ємкості.

Застосування гасу. При дослідженні поверхню зварного шва з одного боку рясно змочують гасом, а з іншої – шов заздалегідь підбілюють водним розчином крейди. Завдяки своїй малій в'язкості і незначному поверхневому натягу гас легко проникає через найменші пори і тріщини шва, і на підсохлому світлому фоні чітко виявляються ржаві плями чи смуги гасу, що просочився через призначений для перевірки шов.

Застосування стиснутого повітря. Зварні шви, які перевіряють, змочують мильним розчином, а з іншого боку шов обдувають стисненим повітрям (тиск біля чотирьох атмосфер). У нещільних місцях утворюються мильні бульбашки.

Застосування вакууму. Цей метод використовують при доступі з одного боку. До зварного шва приставляють металеву касету у вигляді плоскої коробки без дна з м'якою гумовою прокладкою і прозорим верхом. Вакуум-насосом у касеті створюють розрідження. Ділянку шва, що досліджують, попередньо змочують мильним розчином. У місцях порушень щільності шва повітря, проникаючи через ці нещільності, створює у мильній піні чітко видимі бульки.

Виявлення тріщин, що виходять на поверхню.

Застосування гасу. Контрольовану поверхню металу змочують гасом. Через 20–30 хв цю поверхню насухо витирають і покривають шаром напіврідкої крейдяної обмазки. Після її висихання, розташування поверхневих тріщин виявляють темних смугах, що виступають на білому фоні.

Люмінесцентний метод. Даний метод може успішно застосовуватися як у метало- так і в залізобетонних конструкціях. Для виявлення поверхневих тріщин

використовують рідини або порошкові суспензії, як люмінесціюють під дією ультрафіолетових променів. Розкриття тріщин, які визначають цим методом, може бути близько мікрона. Ще менші тріщини (до пів мікрона) можуть бути виявлені за допомогою люмінесцентних магнітних порошоків.

Випробування бетону на зріз і відрив безпосередньо в конструкції.

На рисунку 3.1 наведені схеми визначення міцності бетону за величиною відривного зусилля, прикладеного до стержня: *a* – при закладенні стержня в незатверділий бетон; *б* – при закладанні стержня в отвір, що просвердлин в затверділому бетоні. Відповідно до величини відривного зусилля за попередньо підготовленими тарувальними кривими визначають міцність бетону на стиск. Ці способи дозволяють визначити клас бетону як для новозведених, так і для існуючих споруд.

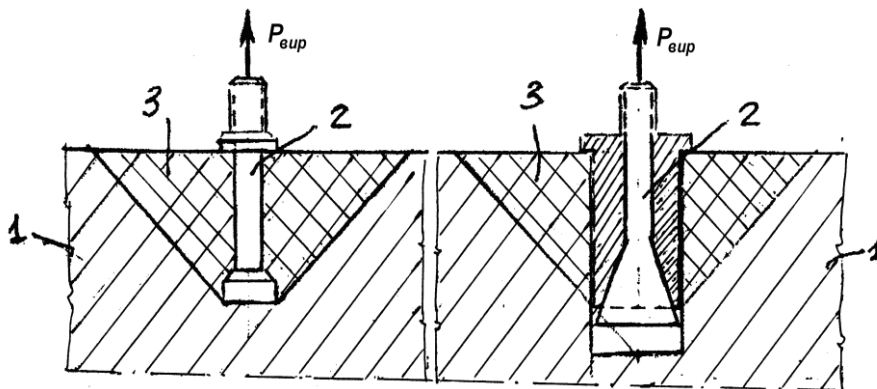


Рисунок 3.1 – Схема визначення міцності бетону за величиною відривного зусилля (за І. В. Вольфом):

- 1 – випробовуваний бетон; 2 – відривний стержень;
- 3 – конус бетону, що виколується стержнем



Рисунок 3.2 – Випробування міцності бетону методом відриву
за допомогою приладу ПОС-50МГ4

3.3 Оцінка міцності матеріалу за механічними характеристиками його поверхневого шару

Оцінка міцності металу.

Найбільше поширення в будівельній практиці одержав прилад Польді, схема якого наведена на рисунку 3.3. Прилад кулькою (2) щільно притискається до поверхні досліджуваного матеріалу (1). По стержню (4) наносять удар молотком. На поверхні металу й еталонного бруска з'являться відбитки кульки, відповідно діаметрами d і $d_{ет}$. Якщо D – діаметр кульки і заздалегідь відома жорсткість за Бринелем $HB^{ет}$ еталонного бруска (3), то жорсткість за Бринелем досліджуваного металу HB визначають за таким виразом:

$$HB = HB^{ет} \cdot \frac{D - \sqrt{D^2 - d_{ет}^2}}{D - \sqrt{D^2 - d^2}}. \quad (3.1)$$

За отриманої твердості HB міцність і марку металу визначають за допомогою спеціальних тарувальних таблиць.

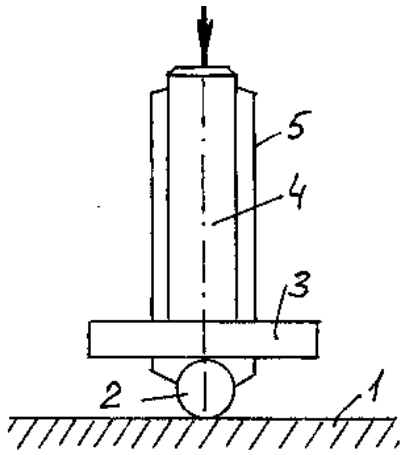


Рисунок 3.3 – Схема приладу Польді:
 1 – досліджуваний матеріал;
 2 – сталеві кулька;
 3 – еталонний брусок;
 4 – ударний стержень;
 5 – корпус приладу

Оцінка міцності бетону по ударному відбитку на його поверхні.

Міцність бетону оцінюють еталонним молотком Кашкарова, схема якого наведена на рисунку 3.4. Принцип роботи даного молотка аналогічний приладу Польді, але діаметр сталеві кульки прийнятий 15 мм і замість сталеві бруска як еталон використовують круглий стержень діаметром 10 мм або 12 мм із м'якої сталі марки ВСт 3. Після удару кулька залишає на поверхні бетону відбиток діаметром d_6 , а на еталонному стержні – відбиток лунки у вигляді еліпса з більшим діаметром d_{em} .

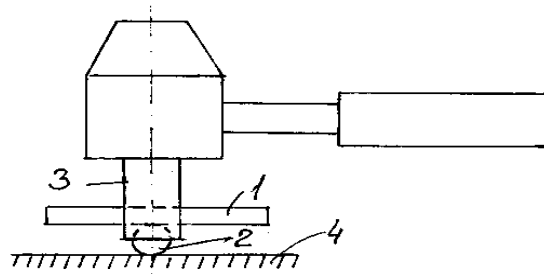


Рисунок 3.4 – Схема еталонного молотка К. П. Кашкарова:
 1 – еталонний стержень; 2 – сталеві кулька; 3 – притискний стакан;
 4 – випробовуваний бетон

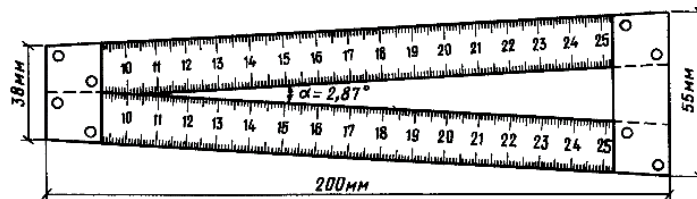


Рисунок 3.5 – Кутова лінійка для замірів діаметрів відбитків з точністю до 0,1 мм

Міцність бетону оцінюють за середнім значенням відношення $d_6/d_{ет}$, отриманому після 10 і більше ударів молотком, за кореляційною залежністю між $d_6/d_{ет}$ і міцністю бетону на стиск, встановленої експериментально.

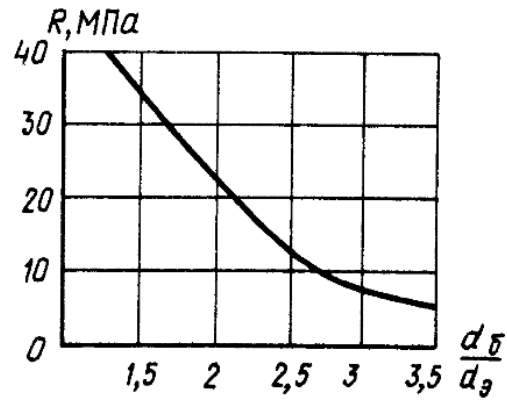


Рисунок 3.6 – Градуированный график определения прочности бетона в возрасте 28 дн молотком К. П. Кашкарова



Рисунок 3.7 – Работа с молотком К. П. Кашкарова при определении прочности бетона

Оцінка міцності бетону за пружним відскоком бойка при ударі.

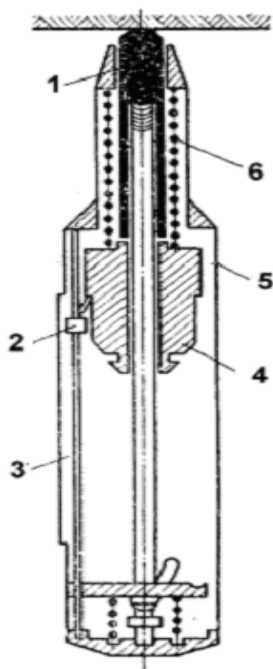


Рисунок 3.8 – Склерометр Шмідта:

1 – ударник; 2 – стрілка; 3 – шкала;
4 – молоток; 5 – корпус; 6 – спіральна пружина

При роботі з приладами такого типу щодо характеристики матеріалу судять за величиною відскоку бойка, яким наносять удар по металевому наконечнику, притиснутому до поверхні бетону. Удар здійснюють спуском пружини, що дозволяє випробовувати будь-яким способом орієнтовані поверхні і стандартизувати силу удару. Найбільш відомі прилади цього типу: молотки (склерометри) Шмідта, КМ, ЦНДІБК.

Розглянемо принцип роботи молотка Шмідта (рис. 3.8). Молоток встановлюють перпендикулярно поверхні бетону і натисканням на корпус засовують ударник (1) усередину корпуса (5) приладу. Коли він досягає крайнього положення, молоток (4) автоматично звільняється і під дією пружини (6) завдає удару по ударнику і відскакує назад. Відскік фіксується стрілкою (2) на шкалі (3). Визначення межі міцності бетону на стиск виконують за допомогою тарувальної кривої «міцність бетону – величина відскоку».



Рисунок 3.9 – Визначення міцності бетону за допомогою склерометра Шмідта



Рисунок 3.10 – Визначення міцності бетону електронним приладом ударної дії типу «Онiкс-2,5»

3.4 Ультразвуковий імпульсний метод визначення характеристик матеріалів

Акустичні неруйнівні методи досліджень матеріалів ґрунтуються на збудженні пружних механічних коливань. За параметрами цих коливань і за умов їхнього поширення роблять висновок щодо фізико-механічних характеристик та стан матеріалу, що досліджується.

Ультразвуковий імпульсний метод ґрунтується на використанні механічних коливань високої частоти (для бетону до 200 кГц, для металу 0,3...1,2 МГц) і на існуванні залежності між параметрами високочастотних коливань, що поширюються в досліджуваному середовищі, і властивостями цього середовища. Наприклад, швидкість поширення пружних хвиль зв'язана з щільністю середовища і модулем пружності цього середовища такою залежністю:

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho} \cdot K}, \quad (3.2)$$

де E – модуль пружності; ρ – щільність середовища; K – коефіцієнт, що залежить від виду хвиль (поздовжніх, поперечних, Релея) і від середовища (одномірного, двомірного, тримірного).

Вимірюючи швидкість поширення хвиль і характеристики їхнього затухання, можна розв'язувати задачі дефектоскопії і визначення міцності, щільності, пружних параметрів.

Для збудження ультразвукових коливань використовують спеціальні перетворювачі, що трансформують змінний струм ультразвукової частоти в механічні коливання тієї ж частоти, діючи за принципом п'єзоефекту, використовуючи здатність деяких кристалів (кварц, сегнетова сіль) змінювати свої розміри під впливом електричного струму. Ця властивість оборотна, тобто при деформуванні таких речовин на них виділяються електричні заряди. Оскільки повітряні прошарки перешкоджають проходженню ультразвукових хвиль, між перетворювачем і твердим тілом наносять передаюче середовище: для металів це мінеральна олія, для бетонів – солідол або технічний вазелін.

Ультразвукові коливання вводять в досліджуване середовище вузьким пучком, і хвилі, переходячи з одного середовища в інше, заломлюються або відбиваються від граней, які розділяють середовища. Це використовується для визначення положення межі середовищ, тобто товщини елементів. У повітряних прошарках ультразвукові коливання затухають майже повністю, що дозволяє виявляти приховані внутрішні дефекти.

Застосування ультразвукових методів.

Визначення пружних характеристик матеріалів за швидкістю поширення ультразвукових хвиль.

Використовуючи залежність (3.2), за допомогою способу наскрізного прозвучування можна одержати значення пружних характеристик матеріалу.

Динамічний модуль пружності:

$$E_{\text{дин}} = v_{\text{пр}}^2 \cdot \rho. \quad (3.3)$$

Динамічний коефіцієнт Пуассона:

$$\mu_{\text{дин}} = 2 \frac{v_{\text{пр}}}{v_{\text{поп}}} - 1, \quad (3.4)$$

де $v_{\text{пр}}$ – швидкість поширення поздовжніх ультразвукових хвиль;
 $v_{\text{поп}}$ – теж, поперечних хвиль.

Визначення товщини матеріалу при одnobічному доступі.

Для таких вимірювань використовують луна-метод (рис. 3.11).



Рисунок 3.11 – Схема луна-методу:

1 – досліджуваний матеріал; 2 – випромінювач-приймач

Товщина матеріалу

$$h = \frac{1}{2}v \cdot t, \quad (3.5)$$

де v – відома швидкість поширення ультразвукових хвиль; t – час проходження ультразвукової хвилі через матеріал з поверненням відбитої хвилі.

Визначення глибини тріщини в бетоні.

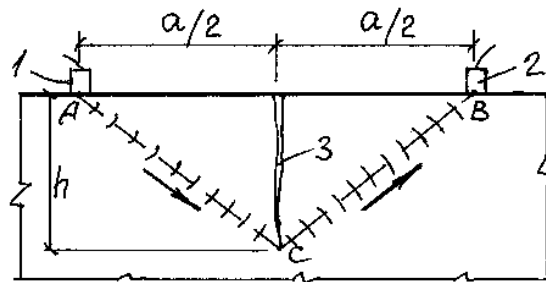


Рисунок 3.12 – Схема визначення глибини тріщини:

1 – випромінювач; 2 – приймач; 3 – тріщина

Ультразвукова хвиля пройде найкоротшою відстанню $ACB = \sqrt{4h^2 + a^2}$

(рис. 3.12). За відомої швидкості v час проходження сигналу $t = \sqrt{\frac{4h^2 + a^2}{v^2}}$

визначають експериментально. Звідси глибина тріщини

$$h = \frac{1}{2}\sqrt{(v \cdot t)^2 - a^2}. \quad (3.6)$$

Визначення міцності бетону.

Залежність між швидкістю ультразвуку і міцністю бетону будують на підставі випробування бетонних кубиків. Прозвучування кубиків виконують в напрямку, перпендикулярному напрямку укладання бетону до форми в точках, зазначених на рисунку 3.13.

За значенням довжини бази прозвучування l і часу проходження ультразвукової хвилі t обчислюють її швидкість

$$v = \frac{l}{t - \Delta t}, \quad (3.7)$$

де Δt – час проходження ультразвукового сигналу в перетворювачах і в мастилі, який визначають за схемою на рис. 3.13, б.

З одержаних значень швидкостей визначають середнє значення, що наносять на тарувальний графік (рис. 3.14), куди заносять також значення межі міцності бетону, отримані випробуванням кубиків на стиск.

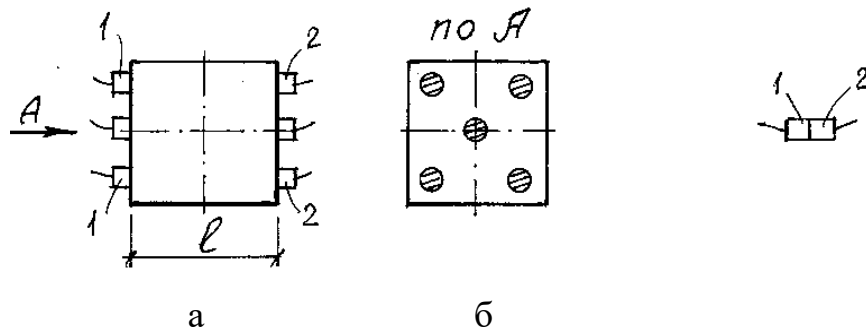


Рисунок 3.13 – Схема прозвучування бетонних кубиків:

а – схема установки випромінювачів-приймачів при прозвучуванні;

б – установка випромінювачів-приймачів при визначенні Δt ;

1 – випромінювач; 2 – приймач

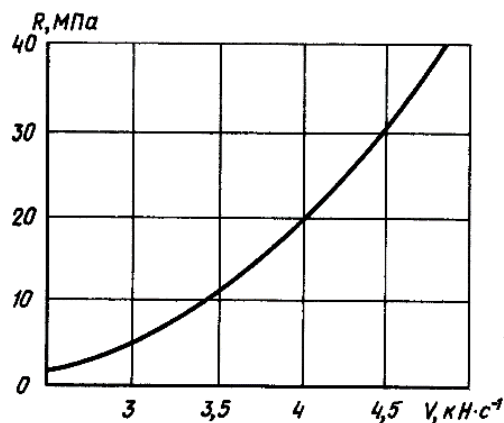


Рисунок 3.14 – Градувальна залежність при прозвучуванні бетону
ультразвуком

Ультразвукова дефектоскопія.

Дефектоскопія зварних швів. При дефектоскопії зварних швів використовують тіньовий і луна-методи. Перший ґрунтується на затуханні

коливань у повітряних прошарках, другий – на відбитті хвилі від межі матеріалу і повітряного середовища.

Дефектоскопія бетону. При дефектоскопії бетону можна визначати дефекти, розміри яких більші максимального розміру заповнювача. При наскрізному прозвучуванні визначають ділянки бетону зниженої міцності, порушення суцільності, тріщини.



Рисунок 3.15 – Робота з визначення міцності бетону переносним ультразвуковим приладом

3.5 Визначення положення та діаметра арматури в залізобетоні

Сутність електромагнітного методу дослідження будівельних конструкцій полягає у фіксуванні скривлених силових ліній магнітного потоку в місцях наявності тріщин чи феромагнітних включень. Місцеві потоки розсіювання будуть тим більшими, чим більшими є дефекти або включення, які їх спричиняють. За однакових умов найбільшим буде вплив дефекту орієнтованого перпендикулярно силовим лініям, тому для виявлення всіх дефектів необхідно виміри проводити у двох взаємно перпендикулярних напрямках.

Для цієї мети використовують прилад (рис. 3.16, 3.17), що використовує індуктивний збалансований міст з двох електромагнітів, з'єднаних зі стрілкою-показчиком. При наближенні до арматури розбаланс, який залежить від діаметра та її розташування, зменшиться і стрілка буде повертатися. Екстремум відхилення стрілки відповідає положенню приладу над віссю арматурного стержня. Установивши щуп приладу з електромагнітом *1* у положення, що відповідає максимальному відліку, записують товщини захисного шару, що відповідають різним діаметрам арматури. Після цього між щупом і залізобетонною конструкцією закладають прокладку з діаманетика (оргскла) товщиною 10 мм і знову знімають відліки. Діаметр арматури буде відповідати тій із шкал, різниця відліків за якою буде дорівнювати 10 мм.

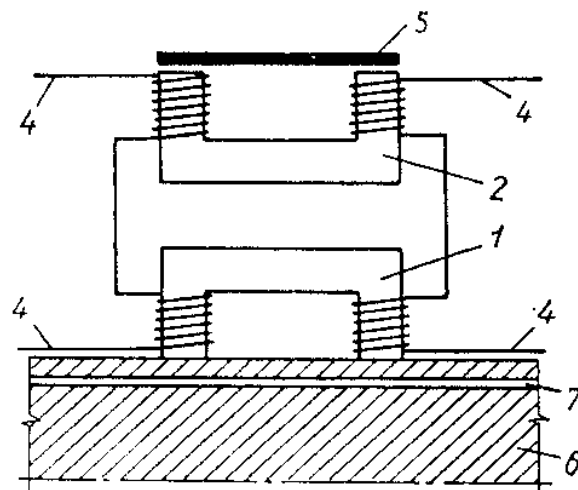


Рисунок 3.16 – Принципова схема електромагнітного приладу типу ІЗС-10Н:

- 1 – пошуковий електромагніт; 2 – ферозонд; 4 – виводи для пристрою, що реєструє відхилення магнітних силових ліній; 5 – еталонний стержень або пластинка; 6 – досліджуваний залізобетон; 7 – арматура



Рисунок 3.17 – Робота по визначенню параметрів армування залізобетонних конструкцій приладом типу ІЗС-10Н



Рисунок 3.18 – Робота по визначенню параметрів армування залізобетонних конструкцій електронним електромагнітним приладом «Novotest»

За аналогічною схемою роботи по електромагнітному методу розроблено і випускається ряд більш сучасних приладів з електронними блоками вимірювання, в яких вбудовані програми, що обробляють дані вимірів. На рисунку 3.18 наведена фотографія роботи по визначенню параметрів армування залізобетонних конструкцій приладом «Novotest».

3.6 Радіаційний контроль якості матеріалів і з'єднань

Радіаційний контроль якості матеріалів і з'єднань виконується з використанням так званих «проникних» випромінювань, з яких найбільш поширений техніці рентгенівський метод і γ -метод.

Рентгенівське та γ -випромінювання за своєю природою є високочастотними електромагнітними хвилями. Джерелами перших можуть бути рентгенівські апарати, а γ -випромінювання – радіоактивні ізотопи.

За допомогою радіаційних методів вирішується низка завдань: виявлення дефектів під час зварювання металевих конструкцій, тріщин, зон ураження корозією, дефектів прокатного металу, визначення товщини захисного шару бетону, розміри й розміщення арматури в залізобетонних елементах, вимірювання напружень, визначення питомої ваги будівельних матеріалів та їх вологості, визначення товщини виробів.

Під час радіаційних досліджень можуть використовуватися різні методи фіксації результатів: радіографічний (на фотоплівку, магнітну стрічку); на екранах перетворювачів іонізуючого випромінювання або моніторах комп'ютерів.

Безпека робіт з використанням радіоактивних речовин і джерел іонізуючих випромінювань регламентується відповідними нормативними документами.

На рисунку 3.19 наведена схема радіаційної дефектоскопії з використанням радіоактивного ізотопу і фотоплівки.

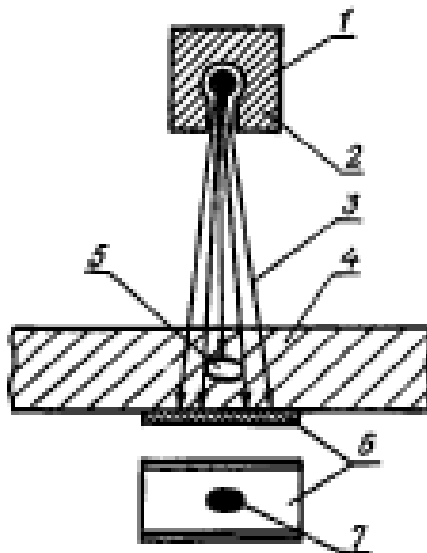


Рисунок 3.19 – Схема радіаційної дефектоскопії:

- 1 – джерело випромінювання; 2 – діафрагма; 3 – промені;
 4 – контрольований елемент; 5 – дефект; 6 – фотоплівка;
 7 – відображення дефекту на плівці

ТЕМА 4 (4 години)

4.1 Методика проведення випробувань будівельних конструкцій

Основне завдання випробувань будівельних конструкцій – це встановлення їх напружено-деформованого стану під навантаженням для оцінки несучої здатності жорсткості або тріщиностійкості (для бетонних і залізобетонних конструкцій).

Види випробувань:

- *приймальні випробування* проводять для перевірки відповідності показників роботи споруди проектним і нормативним вимогам;
- *випробування об'єктів*, що експлуатуються, проводять для перевірки можливості продовження нормальної роботи під експлуатаційним навантаженням, якщо виникають сумніви в працездатності споруди, і для перевірки можливості збільшення експлуатаційного навантаження при реконструкції споруди;

– випробування конструкцій і деталей при їхньому серійному випуску проводять шляхом вибіркового випробування окремих зразків з доведенням навантаження до руйнування;

– науково-дослідні випробування проводять для апробації нових конструктивних рішень і нових методів розрахунку, при використанні нових матеріалів, при особливих режимах експлуатації конструкцій і споруд.

Залежно від типу основного навантаження випробування можуть бути статичними й динамічними.

Залежно від місця проведення випробування можуть бути лабораторними (заводськими) або польовими (на місцевості, об'єкті будівництва чи реконструкції).

Залежно від розмірів конструкцій випробування можуть бути натурними (на конструкціях або фрагментах будівель і споруд, з натуральними розмірами) або на моделях (конструкцій, елементів будівель і споруд).

4.2 Вибір елементів для випробувань

При випробуваннях споруд вибір елементів для них пов'язаний із вибором місця прикладення навантаження. При цьому необхідно керуватися такими міркуваннями:

– кількість елементів, що їх завантажують, повинна бути мінімальною (час і вартість);

– випробуваннями повинні бути охоплені основні види несучих елементів споруд або конструкції, які працюють найбільш інтенсивно або в яких виявлені дефекти й ушкодження;

– варто відбирати об'єкти з найбільш чіткою статичною схемою закріплення, вільні від додаткових зв'язків, що можуть спричиняти перекручування в роботі досліджуваних елементів.

При доборі зразків для серійних випробувань з кожної партії відбирають найкращі і найгірші зразки, виявлені шляхом огляду й контролю якості неруйнівними методами.

4.3 Вибір схем і видів навантаження

Схему завантаження уточнюють одночасно з вибором елементів для випробувань. Обрана схема розподілу навантажень повинна забезпечити появу в досліджуваних елементах необхідних зусиль і деформацій, достатніх для виявлення характеристики, яку визначають. Вибираючи схему завантаження, слід враховувати реальні можливості й умови проведення випробувань, а також їхню вартість.

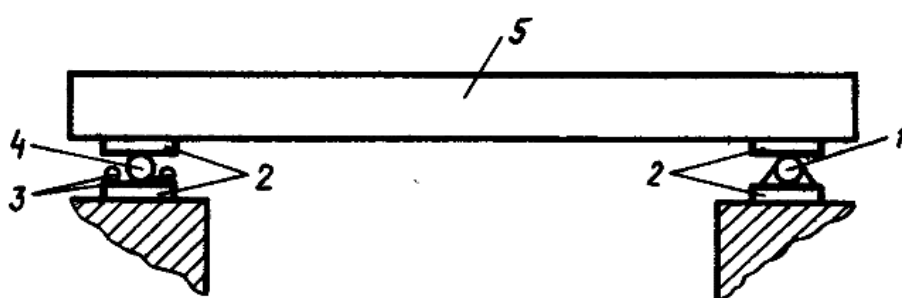


Рисунок 4.1 – Експериментальна схема випробування вільно опертій балки на згин:

1 – шарнірно-рухлива опора; 2 – розподільчі пластини; 3, 4 – шарнірно-нерухлива опора; 5 – балка, що випробовується

Для статичних випробувань будівельних конструкцій застосовують рівномірно-розподілені й зосереджені навантаження. До навантажень для статичних випробувань ставлять наступні вимоги: їх потрібно прикладати без ривків і ударів; давати можливість чітко визначати зусилля, які передають об'єкту; бути транспортабельними; не вимагати великих витрат праці й часу для їхнього прикладення і зняття; при випробуваннях тривалою витримкою – повинні бути стабільними.

Рівномірно розподілені навантаження можуть бути прикладені способом завантаження:

- сипучими матеріалами (піском, щебнем);
- дрібними штучними вантажами (цеглою, дрібними блоками);

- великими штучними вантажами;
- водою;
- тиском повітря.

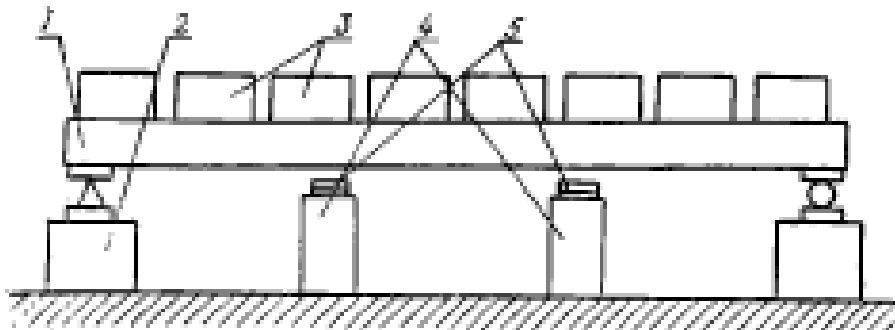


Рисунок 4.2 – Найпростіший стенд з рівномірно розподіленим навантаженням:

- 1 – конструкція, що випробується; 2 – тумба-опора; 3 – вантажі;
4 – опори страхування; 5 – підкладки

Зосереджені навантаження можуть бути прикладені таким способом:

- підвішуванням вантажів;
- натяжними пристроями за допомогою лебідок, талів, поліспастів;
- домкратами.

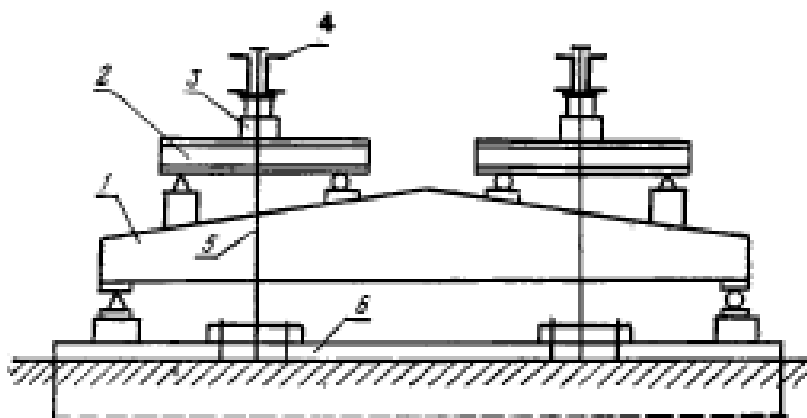


Рисунок 4.3 – Схема випробування конструкції на стаціонарному стенді:

- 1 – випробовувальна конструкція; 2 – траверса; 3 – домкрат; 4 – поперечна балка; 5 – тяги; 6 – силова підлога (залізобетонна плита)

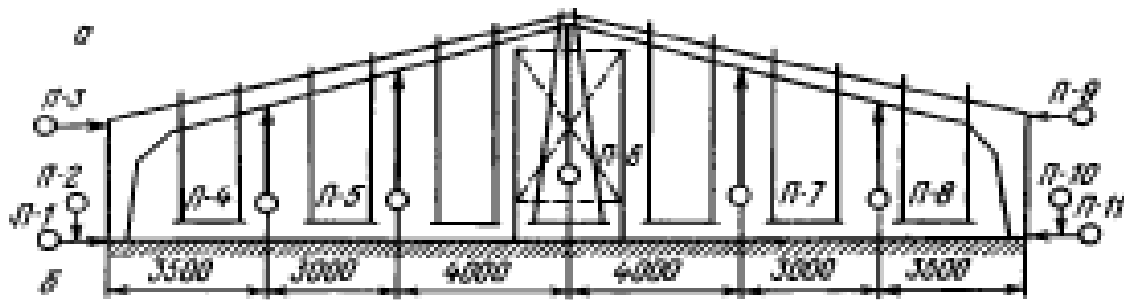


Рисунок 4.4 – Схема випробування рами підвіскою вантажів (П-1...П-11 – прилади для фіксації переміщень)

Визначення величини навантаження для випробувань.

Якщо споруда після випробування повинна бути передана в експлуатацію, то за максимальне навантаження для випробувань приймають розрахункове навантаження в самому несприятливому його положенні.

За необхідності визначити несучу здатність споруди, як дослідного об'єкта, коли його експлуатацію не передбачають, величина навантаження для випробувань повинна дещо перевищувати руйнівне, підраховане орієнтовно.

Під час випробування залізобетонних виробів серійного виготовлення за навантаження для випробувань приймають:

- при перевірці несучої здатності – розрахункове навантаження, помножене на коефіцієнт $k = 1,25 - 1,9$, що залежить від типу конструкції, виду бетону та очікуваного виду руйнування;
- при перевірці жорсткості – нормативне навантаження.

Послідовність навантаження й розвантаження.

Ступінь навантаження призначають в залежності від цілей випробувань:

- при перевірці міцності й тріщиностійкості ступінь навантаження не повинен перевищувати 10 % від усього навантаження;
- при перевірці жорсткості – не більше 20 % відповідного контрольного навантаження.

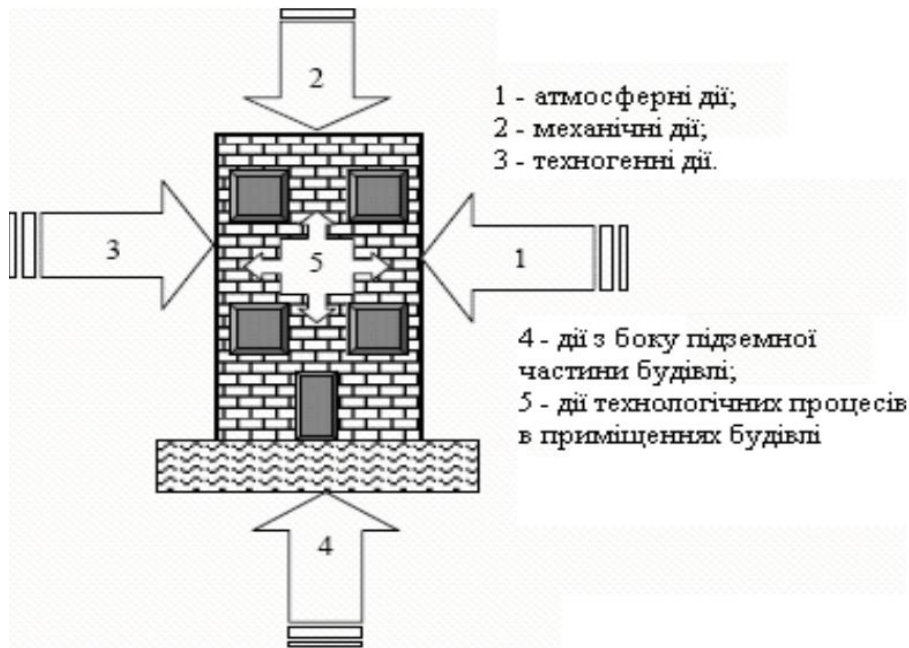


Рисунок 4.5 – Дія факторів оточуючого середовища на конструкції будівлі

Початковий ступінь навантаження приймають в межах 5–10 % від контрольного навантаження. Для стабілізації показань приладів проводять зняття й повторне прикладення початкового ступеня навантаження, щоб виключити вплив зім'яття опорних і навантажувальних елементів.

При випробуваннях зразків залізобетонних конструкцій діючі стандарти передбачають обов'язкове витримування навантаження:

- при контрольних завантаженнях на тріщиностійкість і жорсткість – не менше 30 хвилин;
- після кожного проміжного ступеня завантаження – не менше 10 хвилин.

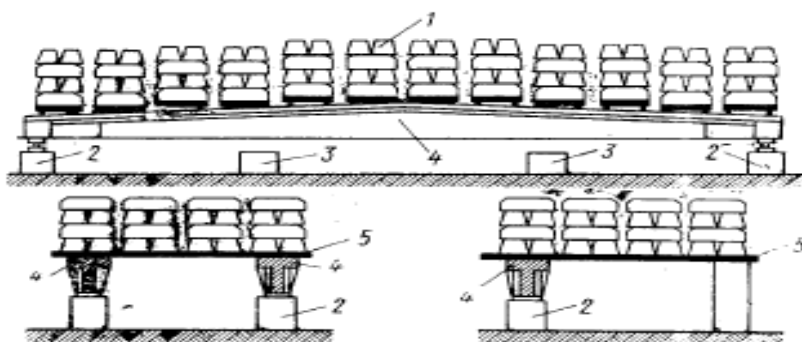


Рисунок 4.6 – Випробування балок в польових умовах:

- 1 – мірні штучні вантажі; 2 – опорні тумби; 3 – опори страхування;
- 4 – випробувальні балки; 5 – настил

4.4 Вимірювальні прилади для статичних випробувань і їхнє застосування

На сьогодні для статичних випробувань використовують такі вимірювальні пристрої:

- для вимірювання зусиль: динамометри і перетворювачі сил (рис. 4.7);
- для вимірювання лінійних переміщень: прогиноміри, зсувоміри, індикатори і перетворювачі лінійних переміщень (рис. 4.8);
- для вимірювання кутових переміщень: клінометри, виски, гідравлічні рівні і перетворювачі кутових переміщень;
- для вимірювання лінійних деформацій: тензометри, тензорезистори і перетворювачі лінійних деформацій (рис. 4.7, 4.8, 4.9);
- для вимірювання напруження – перетворювачі напруження.

Динамометри розроблені для замірів величин зусиль розтягу або стиску. По своїй конструкції вони можуть бути механічними або електромеханічними. В механічних динамометрах використовується пружна робота пружини на розтяг або сталеві скоби на стиск.

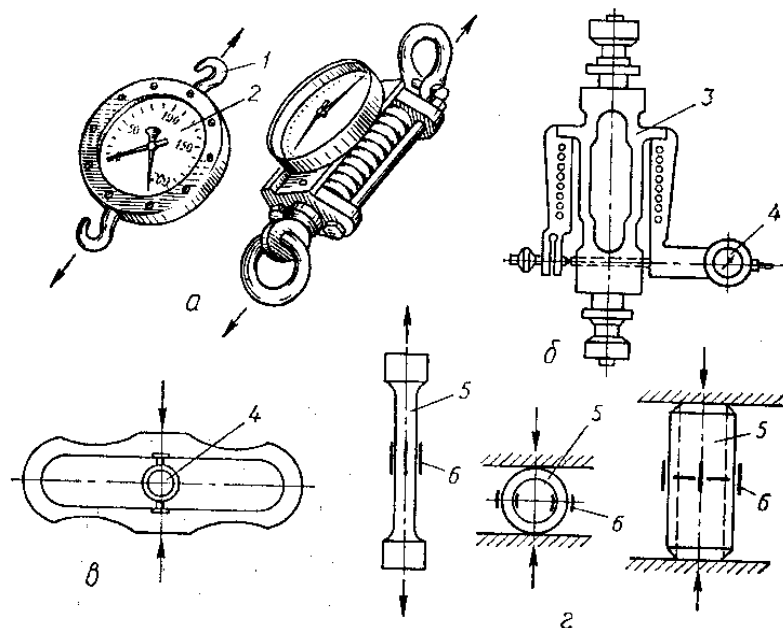


Рисунок 4.7 – Динамометри:

- а – динамометри розтягу; б – зразковий динамометр Н. Г. Токаря;
в – динамометр стиску; г – електромеханічні динамометри; 1 – серга;
2 – шкала; 3 – пружна замкнута рама; 4 – індикатор;
5 – пружний елемент; 6 – тензорезистори

При статичних випробуваннях визначають переміщення або деформації досліджуваного об'єкта.

Під переміщеннями розуміють лінійні чи кутові відхилення точок об'єкта, який розглядають, вимірювані в одиницях довжини або градусах.

Під деформацією розуміють відносну величину, що характеризує зміну розмірів в околиці точки тієї конструкції, або її частини, яку досліджують. Для лінійних деформацій це подовження волокон матеріалу під дією розтягу і скорочення волокон під дією стиску.

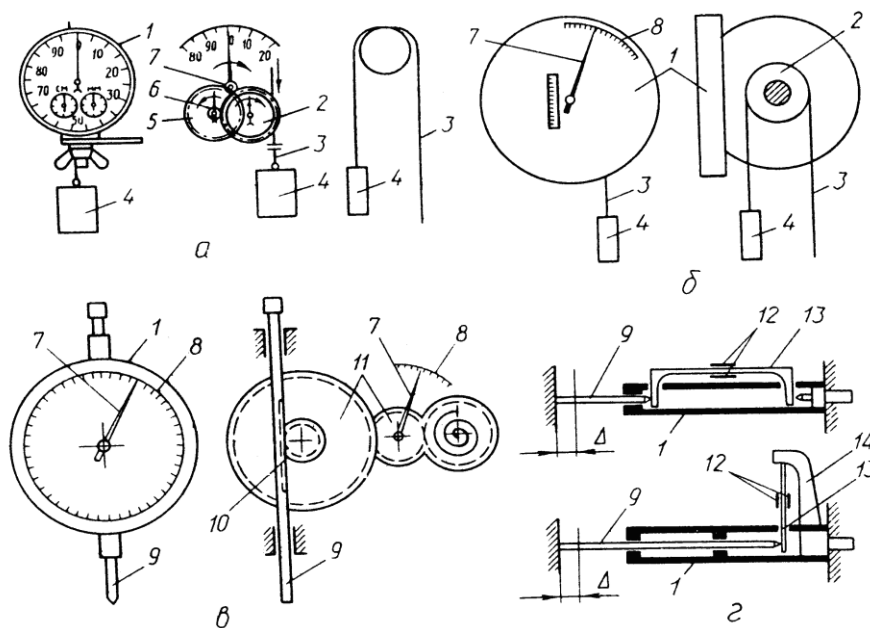


Рисунок 4.8 – Механічні й електричні прилади для вимірювання лінійних переміщень:

а – схема прогиноміра М. М. Аїстова ПАО-5; б – схема прогиноміра М. М. Максимова ПМ-2; в – схема індикатора годинникового типу; г – схеми електромеханічних вимірників переміщень; 1 – корпус; 2 – барабан; 3 – нитка (дріт); 4 – вантаж-циліндр; 5 – шестірня зі стрілкою; 6 – стрілка, що показує переміщення в міліметрах; 7 – циферблатна стрілка; 8 – шкала; 9 – шток; 10 – нарізка на штоці; 11 – система шестірень; 12 – тензорезистори; 13 – пружний елемент; 14 – кронштейн

4.5 Вимірювання деформацій

Важільний тензометр Гугенбергера.

Серед різних типів тензометрів механічної дії найбільш розповсюдженим є важільний тензометр Гугенбергера, схема якого приведена на рисунку 4.9.

В тензометрі зміщення рухомої ножової опори (4) спричиняє поворот рухомої ніжки (5) і з'єднаної з нею коромислом (7) стрілки (8) приладу. Співвідношення плечей важільної системи таке, що зміщення на 0,001 мм рухомого ножа змістить кінець стрілки на рівні шкали приладу на 1 мм, тобто дійсне переміщення збільшиться в 1 000 разів.

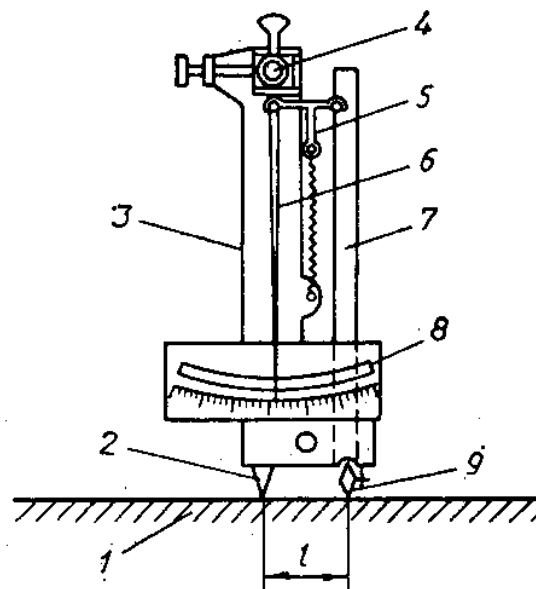


Рисунок 4.9 – Тензометр Гугенбергера:

- 1 – випробовуваний елемент; 2 – нерухома ножова опора; 3 – нерухома ніжка;
4 – шарнір; 5 – коромисло; 6 – стрілка; 7 – рухома ніжка; 8 – шкала;
9 – рухома ножова опора

Стандартна база приладу s дорівнює 20 мм, ціна поділок шкали $\varepsilon = 5 \cdot 10^{-5}$ одиниць відносної деформації. Для підвищення чутливості приладу та усереднення деформації при неоднорідних матеріалах, використовують

спеціальні подовжувачі бази. Тензометр кріплять до досліджуваної конструкції за допомогою струбцин або інших аналогічних пристроїв.

Вимірювання деформації за допомогою тензорезисторів

На сьогодні для вимірювання деформації будівельних конструкцій найбільше використовують тензорезистори, принцип дії яких ґрунтується на зміні опору провідника при його деформуванні. Цю властивість провідника називають тензочутливістю, або тензоефектом.

Опір електропровідника R прямо пропорційний його довжині l , питомому опору ρ і обернено пропорційний площі поперечного перерізу A :

$$R = \rho \cdot \frac{l}{A}. \quad (4.1)$$

Взаємозв'язок відносної зміни опору тензорезистора до його відносного подовження називають коефіцієнтом тензочутливості

$$k = \frac{dR/R}{dl/l}. \quad (4.2)$$

Коефіцієнт тензочутливості залежить від матеріалу тензонитки, конструкції решітки, матеріалу підкладинки і властивості клею, що закріплює нитку до підкладинки і до матеріалу випробовуваної конструкції.

Матеріал нитки тензорезистора повинен мати високий питомий опір і тензочутливість, але малий температурний коефіцієнт опору.

Тензорезистори складаються з декількох петель константанового дроту діаметром 12...30 мк, приклеєних до плівкової чи паперової підкладинки. До кінців тензорешітки приварюють струмовиводи з дроту діаметром 0,1...0,2 мм довжиною 20...30 мм. Прямолінійну ділянку тензодроту називають базою тензорезистора l .

Тензорезистори бувають дровими петлястими, дровими безпетлястими і фольговими (рис. 4.10).

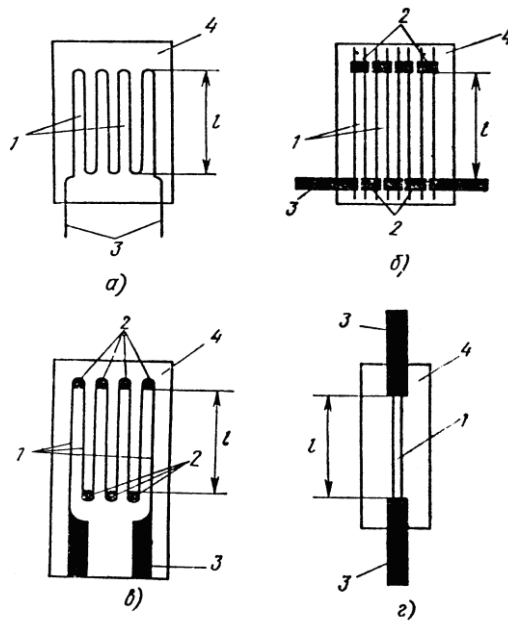


Рисунок 4.10 – Тензорезистори:

а – дротовий петлястий; б – дротовий безпетлястий; в – фольговий;
 г – напівпровідниковий; 1 – тензочутливі елементи; 2 – низькоомні перемички;
 3 – вивідні контакти; 4 – підкладка («основа») і наклеєний над
 тензорешіткою захисний шар тонкого паперу; l – база тензорезистора

Тензорезистори наклеюють на заздалегідь підготовлену поверхню, яку ретельно зачищають наждаковим папером або абразивним каменем, потім зашпаровують пори і раковини, знежирюють і висушують.

У зв'язку з тим що всі тензорезистори не можуть бути таруватися, їх тарують вибірково (5–10 % від партії), а результати поширюють на всю партію. Тарування тензорезисторів здійснюють за допомогою спеціальних тарувальних балок, виконаних у вигляді консолей рівного опору, або балок із зоною чистого вигину.

Для тензометричних вимірювань зазвичай застосовують вимірювальні мости Уїтстона (рис. 4.11). Умовою відсутності струму у вимірювальній діагоналі bd (збалансованість мосту) є рівність у точках b і d електричних потенціалів, що буде мати місце, якщо

$$R_1 \cdot R_4 = R_2 \cdot R_3 . \quad (4.3)$$

По електричній схемі в одне з плеч мосту під'єднують тензорезистор або декілька цих датчиків через реле-перевмикачі, при зміні електричного опору в датчиках порушується збалансованість мосту.

Для компенсації температурних похибок використовуються компенсаційні тензорезистори, що наклеюють на невеликі зразки матеріалу, з якого виготовлена випробовувана конструкція, і розміщують в ті самі температурні умови, що й активні, наклеєні на досліджувану конструкцію. Зміна температури викликає однакові зміни опору активного і компенсаційного тензорезисторів, але в зв'язку з тим що вони включені до суміжних плечей моста Уїтстона, у вимірювальній діагоналі струму від зміни температури не буде.

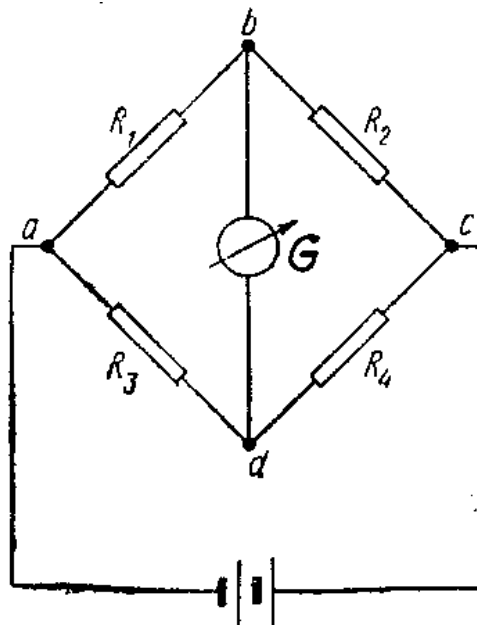


Рисунок 4.11 – Вимірювальний міст Уїтстона

(R_1, R_2, R_3, R_4 – опори-резистори, включені в плечі моста)

З використанням тензорезисторів виготовляють багато схем електромеханічних приладів-перетворювачів для вимірів переміщень, деформацій, тиску тощо. На рисунках 4.7, г; 4.8, г; 4.13 наведені схеми декількох таких приладів.

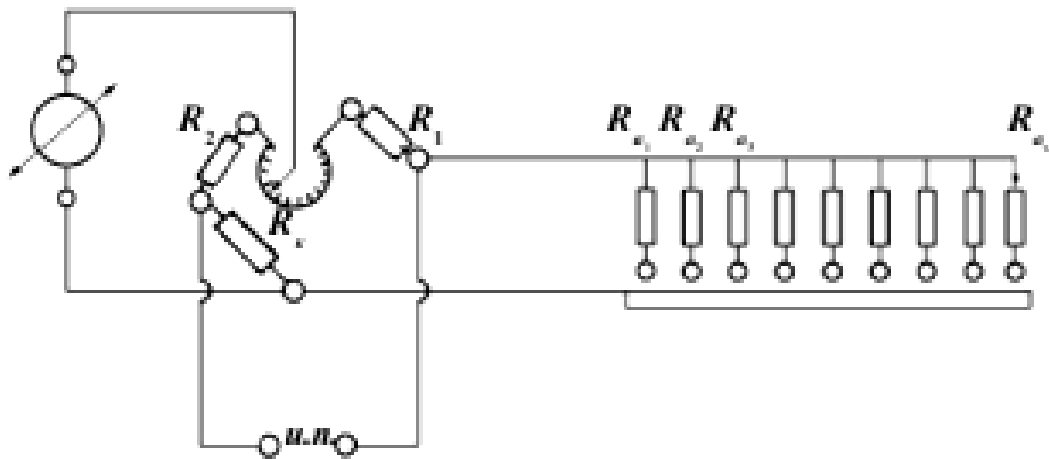


Рисунок 4.12 – Використання мостової схеми для вимірювання деформацій на багатьох тензорезисторах (схема з нульовим підлаштуванням)

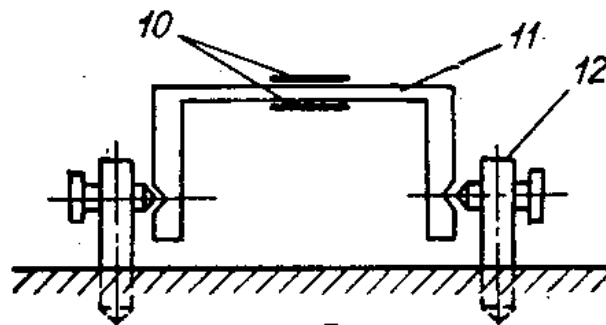


Рисунок 4.13 – Схема електромеханічного тензометра:

10 – тензорезистори; 11 – пружна скоба; 12 – кріплення тензометра

4.6 Оцінка результатів статичних випробувань

Оцінку результатів випробувань проводять на підставі аналізу результатів випробувань і порівнянням їх з розрахунковими даними, отриманими за фактичними розмірами, характеристиками міцності й твердості.

Найбільш повна оцінка може бути отримана при випробуванні конструкції до руйнування. При цьому можна отримати такі дані: характер руйнування, руйнівне навантаження, переміщення конструкції під навантаженням. Ці дані порівнюють з розрахунковими, що дозволяє судити щодо придатності випробовуваної конструкції до подальшої експлуатації або вірогідності розрахункових схем і прийнятих методів розрахунку.

Дещо складніше ці питання вирішують при випробуваннях конструкцій, призначених до експлуатації. У цьому випадку про стан конструкції судять за такими факторами:

- за напружено-деформативним станом під навантаженням;
- за величиною пружних і залишкових деформацій;
- за поведінкою конструкцій при витримуванні під навантаженням;
- за втратою напружень в напруженій арматурі після навантаження та розвантаження.

4.7 Динамічні випробування будівельних конструкцій

Під динамічними навантаженнями розуміють такі впливи, параметри яких змінюються у часі величиною або напрямом:

- інерційні сили (при роботі стаціонарного устаткування);
- ударні навантаження (від копрів, молотів, пресів);
- рухомі навантаження (від кранів, транспортних засобів, руху людських мас);
- пульсації вітру або рідин і газів у трубах і ємностях;
- сейсмічні впливи – при землетрусах і вибухах.

За закономірностями зміни динамічних впливів у часі розрізняють періодичні навантаження й імпульсивні. Періодичне навантаження може носити синусоїдальний чи більш складний характер. Синусоїдальне навантаження називається гармонійним. Будь-який складний періодичний закон зміни динамічних навантажень може бути представлений у вигляді суми гармонійних навантажень.

Різні види динамічних впливів створюють різний характер коливальних переміщень. При гармонійних чи періодичних навантаженнях в елементах конструкцій виникають сталі коливання, які є результатом дії динамічних сил, інерційної маси конструкції, пружних і непружних реакцій.

При гармонійних коливаннях закон зміни переміщення z у залежності від часу t має такий вигляд (рис. 4.14, а):

$$z = a \cdot \sin(\omega \cdot t + \alpha), \quad (4.4)$$

де a – амплітуда коливань; $(\omega \cdot t + \alpha)$ – фаза коливань, що визначає положення коливної точки в момент часу t ; α – початкова фаза коливань при $t = 0$; $\omega = \frac{2\pi}{T}$ – кругова (циклічна) частота збуджуючої сили, дорівнює числу циклів коливань за 2π секунд; T – період коливань, дорівнює тривалості одного циклу в секундах; $f = 1/T$ (Гц) – частота коливань, дорівнює числу циклів коливань за одиницю часу.

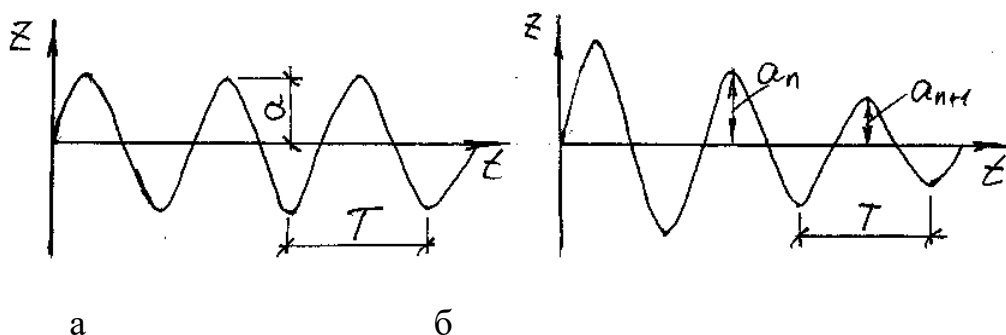


Рисунок 4.14 – Графіки коливальних процесів:
а – гармонійні коливання; б – затухаючі власні коливання

Основною динамічною характеристикою будь-якої конструкції є властиві їй частоти власних коливань, число яких визначається числом ступенів свободи коливальної системи. До числа систем з одним ступенем свободи відносяться гнучкі балки із зосередженою масою всередині прогону, масивні жорсткі фундаменти при вертикальних коливаннях тощо. Балки з рівномірно розподіленим навантаженням є системою з нескінченним числом ступенів свободи. Кожній частоті власних коливань відповідає певний вид коливань балки (рис. 4.15).

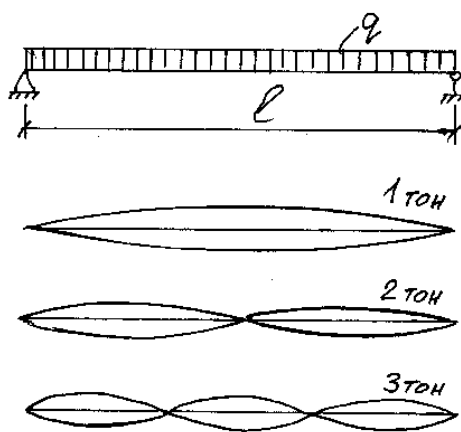


Рисунок 4.15 – Форми коливань однопрольотної балки

З наближенням частоти збуджуючої сили до частоти власних коливань амплітуда коливань конструкції збільшиться. При співпадінні цих частот амплітуда коливань досягає максимального значення, настає так зване явище «резонансу». Однак у зв'язку з тим що всі будівельні матеріали, крім пружних властивостей, мають також непружні, амплітуда при резонансі завжди буває скінченою.

Зазвичай максимального значення амплітуди досягають при частотах збуджуючої сили, близьких частоті основного (першого) тону власних коливань конструкції.

Динамічні характеристики матеріалів, які визначають за матеріалами вібраційних випробувань – це: динамічний модуль пружності (для бетону, каменю в деревини він вище ніж статичний модуль пружності); логарифмічний декремент затухання власних коливань; динамічні міцнісні характеристики.

Логарифмічний декремент затухання розраховується по амплітудах власних коливань (див. рис. 4.14, б):

$$\delta = \ln \frac{a_n}{a_{n+1}}. \quad (4.5)$$

Основними задачами динамічних випробувань є:

- визначення динамічних характеристик конструкцій - частоти власних коливань, періоду, коефіцієнтів затухання і форми коливань;
- визначення характеристик динамічних експлуатаційних навантажень - їхніх значень, напрямку, частоти;
- вплив динамічного навантаження на міцність, жорсткість і тріщиностійкість конструкції;

- можливість установки на конструкцію агрегатів з динамічними навантаженнями;
- вплив динамічних навантажень на експлуатаційні умови споруд і на хід технологічного процесу;
- фізіологічні впливи вібрації споруди на організм людини;
- експериментальна перевірка нової методики розрахунку конструкцій на динамічні впливи.

Вимірювання переміщень і частот ручним вібрографом ВР-1.

Вібрографом ВР-1 міряють амплітуди коливань від 0,5 мм до 6 мм при частотах $f = 5 \dots 100$ Гц.

Інерційною масою приладу є маса самого приладу. Запис коливань провадиться або в натуральну величину, або з 2-х чи 6-тикратним збільшенням на червоній восковій стрічці шириною 25 мм, на яку відмітчик часу наносить мітки з інтервалом 1 с. Точність вимірів – до 8 %.

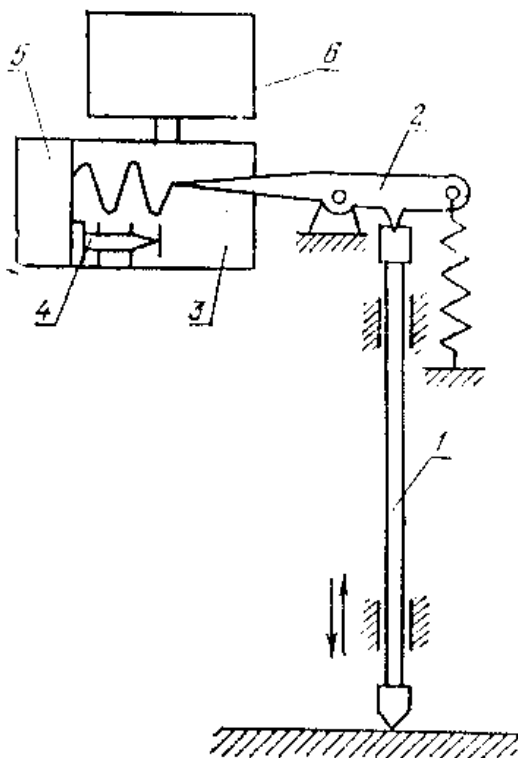


Рисунок 4.16 – Схема ручного вібрографа ВР-1:

- 1 – рухомий стрижень;
- 2 – важільне перо;
- 3 – паперова стрічка;
- 4 – відмітчик часу;
- 5 – батарея;
- 6 – годинниковий механізм



Рисунок 4.17 – Робота з вібрографом ВР-1 при вимірюванні вібрацій

Вимірювання переміщень і частот віброперетворювачами

Електричні віброперетворювачі виробляють електричні сигнали, пропорційні параметрам коливального процесу (переміщенням, швидкості або прискоренню переміщень), які дистанційно реєструються записуючими приладами.

Віброперетворювачі розділяють на пасивні (індукційні і п'єзоелектричні), що виробляють при вимірюваннях електрорушійну силу та активні (індуктивні, ємкісні і резистивні), що змінюють під час роботи який-небудь електричний параметр (індуктивність, ємкість або опір).

Найбільше поширення в практиці вимірювання коливань будівельних конструкцій одержали індукційні віброперетворювачі (вібродатчики). Схема перетворювача типу ВЕГІК наведена на рисунку 4.18.

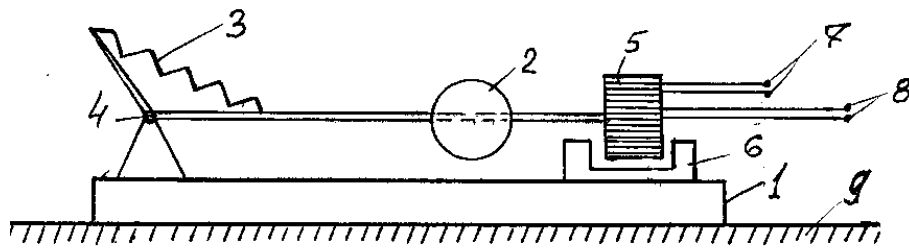


Рисунок 4.18 – Схема вібродатчика (сейсмографа) ВЕГІК:

- 1 – корпус приладу; 2 – інертна маса; 3 – виважувальна пружина;
 4 – шарнір; 5 – котушка з двома обмотками; 6 – постійний магніт;
 7 – виводи робочої котушки; 8 – виводи демпфіруючої котушки;
 9 – досліджуваній об’єкт

Інертна маса (2) із закріпленою до неї котушкою (5) з двома обмотками – робочою і демпфіруючою, виконує коливальні рухи щодо корпусу приладу (1), установленого на досліджуваній об’єкт (9). У робочій обмотці котушки (5), яка здійснює поступальні коливальні переміщення в полі постійного магніта (6), індукціюється змінний струм, пропорційний швидкості переміщення котушки. Загасання власних коливань маятника, частота яких дорівнює 1 Гц, здійснюється закорочуванням виводів демпфіруючої котушки.

Приладом можна записувати і горизонтальні коливання. Для цього знімають виважувальну пружину (3) і настановними гвинтами виводять маятник у нульове положення.

Недоліком таких приладів є те, що електричний сигнал, який вони створюють, пропорційний швидкості коливальних переміщень. Тому такі датчики підключають до інтегруючого ланцюга вібродатчик-гальванометр, встановлюваного в магнітному блоці осцилографа. У цьому випадку відхилення світлового променя дзеркальцем гальванометра буде пропорційним переміщенням коливального процесу, і запис електричних сигналів вібродатчиків здійснюється багатоканальними світлопроменевими магніто-електричними осцилографами.

Багатоканальні вібровимірювальні системи.

Для одночасного синхронного запису коливань конструкцій у різних її точках і в різних напрямках використовують багатоканальні вібровимірювальні системи (рис. 4.19), що складаються з таких елементів: вібродатчики, підвідні шнури, шунтова коробка, що служить для узгодження електричного сигналу датчика з чутливістю гальванометра, тобто для зміни масштабу запису та осцилограф.

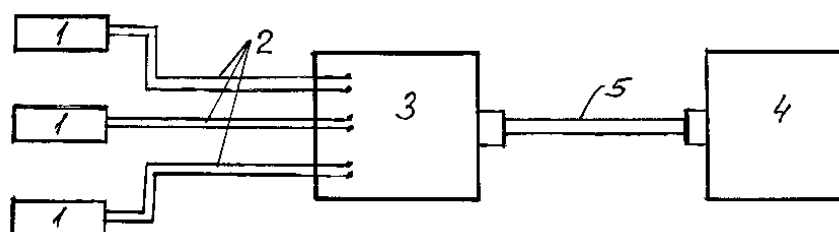


Рисунок 4.19 – Схема багатоканальної вібровимірювальної системи:

1 – вібродатчики; 2 – підвідні шнури; 3 – шунтова коробка;
4 – осцилограф; 5 – кабель

Чутливими елементами осцилографа, що перетворюють електричний сигнал в обертальний рух рамки, є дзеркальні гальванометри, встановлені в магнітному блоці осцилографа. Зміна масштабу запису здійснюється підключенням до вимірювального каналу шунтуючих і загрубляючих опорів.

У результаті випробувань отримують графіки коливальних процесів (рис. 4.21), записані на паперову або магнітну стрічку у вигляді функції від часу.

Розмах коливань – це відстань між крайніми точками графіка коливального процесу (рис. 4.21). Для одержання дійсного значення розмаху величину розмаху, яку взято з осцилограми, необхідно помножити на масштабний коефіцієнт вимірювального каналу.

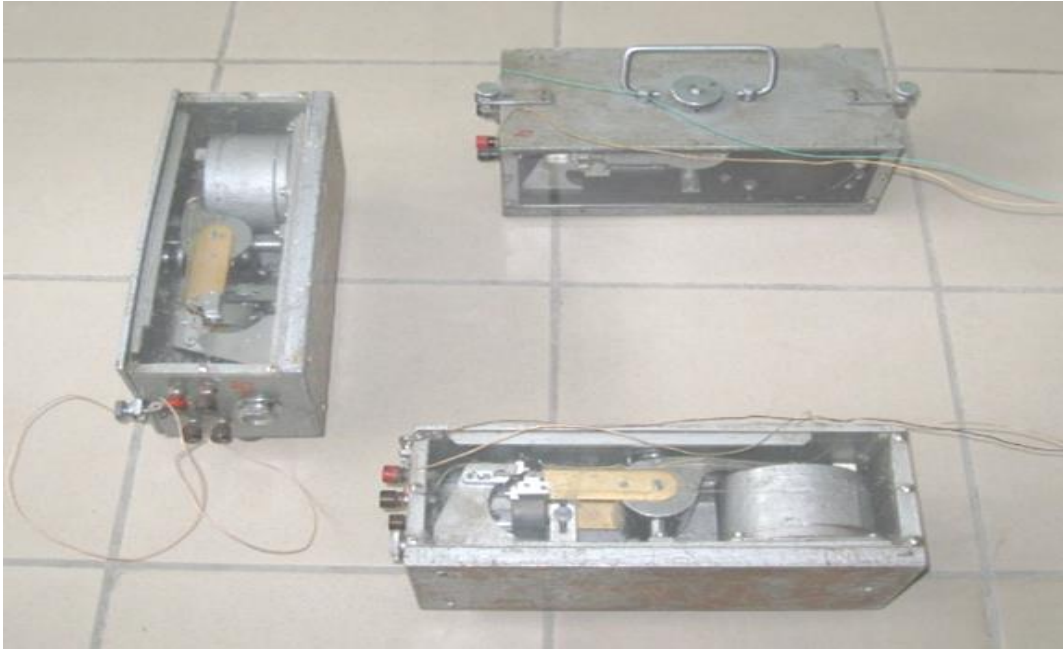


Рисунок 4.20 – Вібродатчики типу ВЕПК у вібровимірювальній системі

Обробка результатів динамічних випробувань.

Обробка результатів динамічних випробувань складається з загального аналізу досліджуваних процесів і встановлення чисельних значень параметрів цих процесів.

$$A_{и} = (A_0 - \delta) \cdot m, \quad (4.7)$$

де δ – товщина лінії графіка коливань; A_0 – відстань між крайніми точками графіка коливань; m – масштабний коефіцієнт.

При заданому масштабі часу період коливань T визначається наступним виразом:

$$T = \frac{x}{t \cdot n} \cdot \tau, \quad (4.8)$$

де x – довжина запису n повних коливань (рис. 4.19); t – відстань між записаними мітками часу, що відповідають інтервалу часу τ , сек.

Частота коливань f (у герцах) дорівнює оберненій величині періоду

$$f = \frac{1}{T}. \quad (4.9)$$

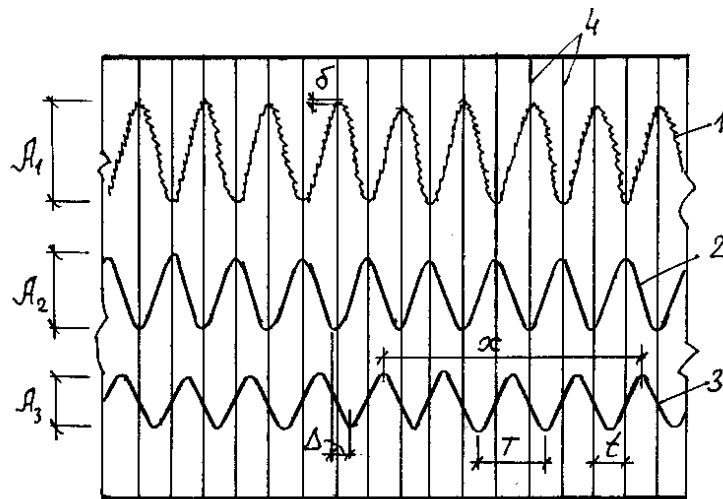


Рисунок 4.21 – Зразок осцилограми: 1, 2, 3 – осцилограми трьох точок досліджуваної конструкції; 4 – мітки часу

Оцінка результатів динамічних випробувань

Порівняння результатів динамічних випробувань з результатами розрахункового визначення динамічних параметрів досліджуваних конструкцій дозволяє судити про вірогідність прийнятих розрахункових схем і розрахункових параметрів.

При випробуванні конструкцій експлуатаційним навантаженням отримані значення динамічних параметрів конструкції порівнюються з допустимими параметрами (амплітудами, швидкостями, прискореннями) за санітарними або технологічними вимогами.

Експериментально визначені частоти вільних коливань конструкцій дозволяють установити допустимі режими роботи технологічного обладнання, щоб виключити можливі резонансні явища. Для запобігання резонансу частоти власних і змущених коливань повинні відрізнятися не менш, чим на 20 %.

При динамічних випробуваннях однотипних конструкцій порівняння частот та інтенсивності затухання коливань дозволяє давати порівняльну оцінку стану і експлуатаційної придатності конструкції.

Якщо заміряні амплітуди конструкції виявляються меншими $0,2 \cdot 10^{-4} \cdot l$, де l – довжина конструкції, то вплив динамічного навантаження на її несучу здатність не враховується.

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ «СТАНДАРТИЗАЦІЯ»

ТЕМА 5 (2 години)

5.1 Стандартизація як основа якості

Стандартизація вивчає дію стандартів у народному господарстві. *Стандартизація – це перелік правил для упорядкування діяльності у визначеній галузі.*

Науково-технічний прогрес характеризується пришвидшенням темпів розвитку науки і техніки, більш тісною їх взаємодією та впливом на виробництво. Відбувається значне ускладнення зв'язків між галузями народного господарства, підприємствами та організаціями, зростають вимоги до сировини, матеріалів, комплектуючих виробів і готової продукції. Першочергового значення набувають питання якості, надійності й безпеки товарів виробничого призначення та товарів народного споживання.

Стандартизація сприяє швидкому впровадженню наукових досягнень у практику, допомагає визначити найбільш економічні та перспективні напрями розвитку науково-технічного прогресу і народного господарства країни.

Зростає роль стандартизації як важливої ланки у системі управління технічним рівнем якості продукції – від наукових розробок до експлуатації та утилізації виробів.

Основною метою стандартизації є оптимальне впорядкування об'єктів стандартизації для пришвидшення науково-технічного прогресу, покращення якості продукції, удосконалення організації управління народним господарством, розвиток міжнародного науково-технічного співробітництва.

Головним завданням стандартизації є створення системи нормативної документації, яка визначає прогресивні вимоги до продукції, її розробки, вироблення та застосування. Останнім часом однією з ключових проблем науково-технічного та економічного розвитку країн є проблема якості продукції. Поліпшення якості продукції (процесів, робіт та послуг) – це не тільки споживча чи технічна, а й економічна, соціальна й політична проблеми суспільства.

У 1993 р. Кабінет Міністрів України прийняв Декрет «Про стандартизацію та сертифікацію», чим сприяв подальшому розвитку стандартизації та сертифікації в країні.

У 1993 р. Україна вступила до Міжнародної організації зі стандартизації (ISO).

Основні визначення стандартизації:

– ***стандартизація*** – це встановлення й застосування правил з метою впорядкування діяльності в певній галузі на користь і при участі всіх зацікавлених сторін, зокрема, для досягнення загальної оптимальної економії при дотриманні умов експлуатації й вимог безпеки. Стандартизація, заснована на об'єднаних досягненнях науки, техніки й передового досвіду, визначає основу не тільки сьогодення, але й майбутнього розвитку промисловості. З визначення слідує, що *стандартизація* – це планова діяльність зі встановлення обов'язкових правил, норм і вимог, виконання яких забезпечує економічно оптимальну якість продукції, підвищення продуктивності суспільної праці й ефективності використання матеріальних цінностей при дотриманні вимог безпеки;

– ***стандарт*** – *нормативно-технічний документ зі стандартизації, що встановлює комплекс норм, правил, вимог до об'єкта стандартизації й затверджений компетентним органом.* Стандарт, розроблений на основі науки, техніки, передового досвіду, повинен передбачати оптимальні для суспільства рішення. Стандарти розробляють як на матеріальні предмети (продукцію, еталони, зразки речовин тощо), так і на норми, правила, вимоги до об'єктів організаційно-методичного й загальнотехнічного спрямування. Стандарт – це найдоцільніше рішення повторюваного завдання для досягнення певної мети. Стандарти містять показники, які гарантують можливість підвищення якості продукції й економічності її виробництва, а також підвищення рівня її взаємозамінності;

– ***технічні умови*** – документ, що встановлює технічні вимоги, яким має відповідати продукція, процеси чи послуги. Технічні умови можуть бути стандартом, частиною стандарту або окремим документом.

5.2 Принципи та методи стандартизації

Теорія, принципи та методи в стандартизації сформувалися в процесі її розвитку і використовуються при розробці нових нормативних документів. Принципи стандартизації пов'язані з її загальним провадженням і розв'язанням визначених щодо неї завдань.

Принцип плановості враховують при складанні перспективних і поточних планів з розробки нових і заміни застарілих стандартів. У плани обов'язково включають основні завдання комплексної стандартизації, метрології та сертифікації, виконання яких контролює Держстандарт України.

Принцип оптимальності полягає в тому, що розробка нових стандартів і нормативних документів має бути спрямована на врахування нових досягнень в науці, промисловості, щоб законодавчо закріпити оптимальні рішення. Прийняті нові стандарти мають сприяти економії сировини, матеріальних, трудових, енергетичних ресурсів тощо.

Принцип перспективності полягає в тому, що нові стандарти мають враховувати підвищені норми та вимоги до об'єктів стандартизації і мають бути випереджаючими стандартами, враховувати новітні досягнення науки і техніки.

Принцип динамічності забезпечує проведення як планових, так і періодичних перевірок стандартів з метою внесення до них відповідних змін та своєчасного їх перегляду. Якщо ж стандарти не відповідають сучасним вимогам, то їх необхідно скасувати, щоб вони не заважали прогресивному розвитку.

Принцип системності визначає розробку стандартів як елемента системи і забезпечує впорядкування розроблених і взаємопов'язаних об'єктів стандартизації в єдину систему стандартизації.

Принцип обов'язковості полягає в тому, що розроблені й прийняті стандарти вирізняються обов'язковістю для всіх членів тої чи іншої країни і їх повинні дотримуватися всі підприємства й організації незалежно від форми власності.

У стандартизації застосовують уніфікацію, агрегування, типізацію – найпоширеніші *методи*, які забезпечують взаємозамінність і спеціалізацію на всіх рівнях діяльності.

Уніфікація – найбільш поширений та ефективний метод стандартизації, яким передбачають приведення об'єктів до одноманітності і встановлення раціонального числа їх різновидів, наприклад, раціональне скорочення типів приладів або розмірів виробів однакового функціонального призначення (болти, гайки, швелери та ін.). Уніфікація дає змогу знизити вартість виробів, підвищити серійність та рівень механізації й автоматизації виробничих процесів.

Агрегування – метод стандартизації, який полягає в утворенні виробів шляхом компонування їх з обмеженої кількості стандартних і уніфікованих деталей, вузлів, агрегатів (наприклад, складання приладів, двигунів, машин тощо).

Типізація – метод стандартизації, спрямований на розробку типових конструкцій, технологічних, організаційних та інших рішень на основі загальних технічних характеристик (наприклад, типові будівлі, типова технологія, типова структура управління тощо).

Взаємозамінність – це можливість використання одного виробу, вузла, агрегату чи послуги замість іншого подібного виробу, вузла, агрегату, не змінюючи їх функціонального призначення (наприклад, заміна старого двигуна автомашини новим тощо).

Спеціалізація – це організаційно-технічні заходи, спрямовані на створення виробництва для випуску однотипної продукції чи послуг в широкому масштабі (наприклад, завод для випуску збірного залізобетону тощо).

5.3 Категорії та види стандартів

Нормативні документи Державної системи стандартизації України включають різноманітні стандарти, в яких установлені вимоги до конкретних об'єктів стандартизації. Залежно від об'єкта стандартизації, складу, змісту, сфери діяльності та призначення, нормативні документи поділяють на категорії та види.

Категорії нормативних документів (залежно від об'єкта стандартизації та сфери діяльності) розподіляють так:

1. *Державні стандарти України (ДСТУ)* – це нормативні документи, які діють на території України і застосовуються усіма підприємствами незалежно від форми власності та підпорядкування, громадянами – суб'єктами підприємницької діяльності, міністерствами (відомствами), органами державної виконавчої влади, на діяльність яких поширюється дія стандартів. ДСТУ для будь-якої держави світу є національним стандартом України, який затверджує Держстандарт України, в галузі будівництва – Мінрегіонбуд України. Для ДСТУ характерне міжгалузеве використання і поширення переважно на продукцію масового чи серійного виробництва, на норми, правила, вимоги, терміни та поняття.

Галузеві стандарти України (ГСТУ) розробляють на продукцію, послуги в разі відсутності ДСТУ, чи за потреби встановлення вимог, які перевищують або доповнюють вимоги державних стандартів. Вимоги ГСТУ не мають суперечити обов'язковим вимогам ДСТУ. ГСТУ є обов'язковими для всіх підприємств і організацій певної галузі, а також для підприємств і організацій інших галузей (замовників), які використовують чи застосовують продукцію цієї галузі.

Стандарти організацій України (СОУ) розробляють за потреби поширення та впровадження передових методів організації виробництва, типових розробок, або розрахунків. СОУ розробляються провідними організаціями для використання на низці підприємств певної галузі. Вони не мають суперечити обов'язковим вимогам ДСТУ та ГСТУ. Підприємства застосовують СОУ добровільно.

Технічні умови (ТУ) – нормативний документ, який розробляють для встановлення вимог, що регулюють відносини між постачальниками (розробником, виробником) і споживачем (замовником) продукції, для якої немає державних чи галузевих стандартів (або за потреби конкретизації вимог зазначених документів); їх затверджують на продукцію, яка перебуває в стадії освоєння і виробляють її невеликими групами. ТУ розробляють на один чи

декілька конкретних виробів, матеріалів, речовин, послугу чи групу послуг. Запроваджують ТУ в дію на короткі строки (термін їх дії обмежений або встановлюють його за погодженням із замовником).

Стандарти підприємств (СТП) розробляють на продукцію (процес, послугу), яку виробляють і застосовують (надають) лише на конкретному підприємстві. СТП не можуть суперечити обов'язковим вимогам ДСТУ та ГСТУ. Об'єктами СТП є частина продукції, технологічне оснащення та інструмент, технологічні процеси; послуги, які надають на цьому підприємстві; процеси організації та управління виробництвом. СТП – основний організаційно-методичний документ у чинних на підприємствах системах управління якістю продукції. Як СТП можуть використовуватися також міжнародні, регіональні та національні стандарти інших країн на підставі міжнародних угод про співробітництво.

До державних стандартів України прирівнюють державні будівельні норми, а також державні класифікатори техніко-економічної й соціальної інформації. Порядок і правила розробки й застосування державних класифікаторів установлює Державний комітет України зі стандартизації, метрології та сертифікації. Міжнародні, регіональні й національні стандарти інших країн використовують в Україні відповідно до її міжнародних договорів.

Вид нормативного документа залежить від специфіки об'єкта стандартизації, призначення, складу та змісту вимог, встановлених до нього.

Базові стандарти встановлюють організаційно-методичні та загально-технічні положення для визначеної галузі стандартизації, а також терміни та визначення, загально-технічні вимоги, норми та правила, що забезпечують впорядкованість, сумісність, взаємозв'язок та погодженість різних видів технічної та виробничої діяльності під час розроблення, виготовлення, транспортування та утилізації продукції, безпечність продукції, охорону навколишнього середовища.

Стандарти на продукцію, послуги встановлюють вимоги до груп однорідної або певної продукції, послуг, які забезпечують їх відповідність

своєму призначенню. У них наводять технічні вимоги до якості продукції (послуг) при її виготовленні, постачанні та використанні; визначаються правила приймання, способи контролю та випробування, вимоги до пакування, маркування, транспортування, зберігання продукції або якості надаваних послуг.

Стандарти на процеси встановлюють основні вимоги до послідовності та методів (засобів, режимів, норм) виконання різних робіт (операцій) у процесах, що використовують її у різних видах діяльності та які забезпечують відповідність процесу його призначення.

Стандарти на методи контролю випробувань, вимірювань та аналізу регламентують послідовність операцій, способи (правила, режими, норми) і технічні засоби їх виконання для різних видів та об'єктів контролю продукції, процесів, послуг. У них наводять уніфіковані методи контролю якості, засновані на досягненнях сучасної науки і техніки.

5.4 Система стандартів у промисловості та будівництві

Державні стандарти України містять обов'язкові й рекомендаційні вимоги. До обов'язкових належать:

- вимоги, що забезпечують безпеку продукції для життя, здоров'я й майна громадян, її сумісність і взаємозамінність, охорону навколишнього середовища, й вимоги до методів випробувань цих показників;

- вимоги техніки безпеки й гігієни праці з посиланнями на відповідні санітарні норми й правила;

- метрологічні норми, правила, вимоги й положення, які забезпечують вірогідність і точність вимірів;

- положення, які забезпечують технічну сумісність під час розробки, виготовлення, експлуатації продукції.

Обов'язкові вимоги державних стандартів підлягають безумовному виконанню органами державної виконавчої влади, всіма підприємствами, їх об'єднаннями, організаціями й громадянами – суб'єктами підприємницької діяльності, на діяльність яких поширюється дія стандартів.

Рекомендаційні вимоги державних стандартів України підлягають безумовному виконанню, якщо:

- це передбачено відповідними законодавчими актами;
- виготовлювачем (постачальником) продукції зроблена заява щодо відповідності продукції цим стандартам.

Стандартизація в будівництві як складова частина державної системи стандартизації спрямована на підвищення якості зведених будинків і споруд, рівня індустріалізації, продуктивності праці. Вимоги стандартів спрямовані на підвищення надійності й довговічності будинків і споруд, поліпшення їх архітектурно-естетичної характеристики.

Основними державними нормативними документами, що регламентують всі питання в будівництві під час інженерного вишукування, проектування та будівництва будинків і споруд, є будівельні норми, які обов'язкові для всіх проектних, будівельних і монтажних організацій, підприємств промисловості будівельних матеріалів і конструкцій незалежно від їхньої відомчої підпорядкованості. Державні й галузеві стандарти, що діють у будівництві, можна розділити на такі стандарти:

- будинки й споруди;
- будівельні матеріали й конструкції;
- інженерне устаткування будинків, оснащення й інструмент;
- на загальні норми й правила.

Технічні умови в будівництві встановлюють вимоги до виготовлення, контролю, прийманню й поставці будівельних матеріалів, конструкцій та виробів, а також іншої будівельної продукції конкретних типів (марок) за відсутності на неї державних і галузевих стандартів типу «Технічні умови».

На групи продукції в будівництві розробляють стандарти, що регламентують для даної групи продукції загальні технічні вимоги, правила приймання, методи контролю й інші загальні вимоги або стандарти типу «Загальні технічні умови», що поєднують ці вимоги. Вимоги до конкретної

продукції встановлюють стандарти типу «Технічні умови», «Конструкція й розміри», «Типи, конструкція й розміри».

На групи будівельних конструкцій, однорідних за функціональним призначенням і спільністю конструктивного рішення, розробляють стандарти «Типи та основні параметри», що встановлюють типи конструкцій, їхні координаційні розміри й призначені для використання при проектуванні й розробці стандартів або технічних умов на конструкції конкретних категорій.

Для будівельних конструкцій у стандартах типу «Технічні умови» установлюють номенклатуру марок конструкцій і вимог, що забезпечують їхню якість, приводять креслення загальних моделей з основними розмірами, посилення на робочі креслення конструкцій.

Робочі креслення типових конструкцій можуть включатися до складу стандарту. Стандарти на щойно розроблені й типові конструкції, що переглядають, повинні розроблятися одночасно з робочими кресленнями цих конструкцій. При розробці стандартів на типові конструкції діючих серій, що не вимагають перегляду, одночасно виробляють необхідне коректування робочих креслень. Технічні умови на будівельні конструкції розробляють разом з робочими кресленнями цих конструкцій.

Ряди координаційних модульних розмірів, а також функціональні параметри будинків, споруд й їхніх елементів установлюють у стандартах типу «Параметри».

Вимоги до якості елементів будинків і споруджень, правила їх приймання та методи контролю встановлюють у стандартах типу «Технічні вимоги, правила приймання, методи контролю».

5.5 Порядок розробки, затвердження та впровадження стандартів

Стандарти розробляють відповідно до плану державної стандартизації з урахуванням норм чинного законодавства України, вимог Держстандарту України та документів міжнародних і регіональних організацій зі стандартизації.

Розроблення державних стандартів України здійснюють технічні комітети зі стандартизації (ТК), міністерства (відомства), головні (базові) організації зі стандартизації або організації, що мають у відповідній галузі необхідний науково-технічний потенціал.

Протягом року різні підприємства, організації та науково-дослідні інститути розробляють велику кількість стандартів різноманітних категорій та типів, що ускладнює організацію та контроль робіт у цій сфері. Для досягнення організаційно-методичної єдності у розробленні стандартів, забезпечення координації та контролю розроблення стандартів, підготовки до їх впровадження Держстандарт передбачає певні правила та порядок. Ці правила не залежать від об'єкта стандартизації, вони є загальними і наведені в ДСТУ 1.2.

При розробці стандартів необхідно дотримуватися таких стадій виконання робіт:

- організація розробки;
- розробка в першій редакції проєкту;
- розробка в остаточній редакції проєкту;
- затвердження та державна реєстрація;
- видання та впровадження.

Державні стандарти України затверджує Державний комітет України із стандартизації, метрології й сертифікації, а державні стандарти в галузі будівництва й промисловості будівельних матеріалів – Міністерство регіонального розвитку і будівництва України.

Майнова частина *авторського права* на державні стандарти належить державі незалежно від джерел фінансування, їх розробки, а на ГСТУ, СОУ й СТП – підприємствам, організаціям або органам, що їх затвердили.

Відповідальність за відповідність нормативних документів вимогам актів законодавства, а також їх науково-технічний рівень несуть розробники, організації та установи, які провели експертизу, і органи, підприємства, установи, організації й громадяни – суб'єкти підприємницької діяльності, що затвердили ці документи.

Державну реєстрацію стандарту проводять з метою виключення дублювання стандартів і забезпечення централізованої інформації щодо стандартів у країні. При реєстрації стандартам надають відповідну категорію та позначення, яке складається з індексу (ДСТУ, ТУ, ГСТУ, СТП, СОУ), реєстраційного номера та року затвердження чи перегляду стандарту (дві останні цифри року, які відокремлені тире). У позначенні державного стандарту України, що входить до комплексу стандартів міжгалузевих систем, в його реєстраційному номері перші цифри з крапкою визначають комплекс стандартів. Під час затвердження стандарту визначають дату надання стандарту чинності з урахуванням часу на виконання підготовчих заходів з його впровадження.

Видання та розповсюдження державних стандартів здійснює Держстандарт України (Мінрегіонбуд України). Галузеві та інші стандарти видають міністерства (відомства), підприємства та організації. Розповсюджують стандарти через мережу спеціалізованих магазинів стандартів.

Державний нагляд і відомчий контроль за додержанням стандартів здійснюють з метою припинення та попередження порушень стандартів, технічних вимог, іншої нормативної документації, випуску продукції з порушенням вимог стандартів, підвищення державної дисципліни і законності в галузі стандартизації. Суб'єкти підприємницької діяльності за порушення обов'язкових вимог стандартів, норм і правил несуть відповідальність згідно з чинним законодавством України. Державний нагляд здійснюють шляхом проведення періодичних чи постійних перевірок. Періодичні перевірки мають форму інспекційного контролю за планами державного нагляду територіальних органів Держстандарту України або за зверненнями громадян.

ТЕМА 6 (4 години)

6.1 Система конструкторської і технологічної документації

Використання міжгалузевих систем стандартизації сприяє розвитку народного господарства країни за рахунок зменшення витрат часу на розробку і поставку продукту у виробництво, створення єдиної інформаційної бази, єдиної

мови та єдиних форм документів тощо. Найважливішими міжгалузевими системами для народного господарства є такі системи: конструкторської документації; технологічної документації; класифікації та кодування інформації; стандартів безпеки праці; стандартів у галузі охорони природи і раціонального використання природи та природних ресурсів.

Роль нормативного документа, який встановлює єдині правила оформлення конструкторської документації і однозначні визначення графічних позначень, а також однаковий порядок їх використання у виробництві в усіх індустріальних країнах світу виконують стандарти на конструкторську документацію.

Удосконалення стандартів на креслення і систему креслярського господарства, використання досвіду застосування галузевих систем конструкторської документації та забезпечення узгодження правил оформлення графічних документів з рекомендаціями міжнародних організацій ISO і IEC дало змогу розробити систему конструкторської документації (СКД). СКД – це комплекс державних стандартів, що встановлюють єдині, взаємопов'язані правила і положення зі складання, оформлення і використання конструкторської документації в промисловості, науково-дослідних і проектно-конструкторських організаціях країни. Комплекс СКД містить близько 200 стандартів, дія яких спрямована на поліпшення якості проектувальних виробів і поліпшення умов для взаємного обміну конструкторською документацією між різними організаціями та підприємствами.

В галузі будівництва діють і міждержавні стандарти – система проектною документації для будівництва (наприклад, ДСТУ Б.А.2.4-7-95 Правила виконання архітектурно-будівельних робочих креслень).

Практична діяльність довела, що стандартизація більше поширюється на ті об'єкти, числові значення параметрів яких застосовують з використанням спеціальних чисел або ж ряду чисел, побудованих за певною математичною залежністю; називають їх переважними числами.

Переважаючі числа – це числа, побудовані за певною закономірністю, або ж заокруглені їх значення ряду геометричної, арифметичної прогресії в інтервалі, які використовують при встановленні градації відповідних параметрів (маси, розмірів, шкал, класів точності тощо). Використання переважних чисел і рядів має міжнародне значення.

Параметричні ряди переважних чисел, або ж параметричні стандарти встановлюють ряди параметрів і розмірів найбільш раціональних типів і видів деталей, вузлів, машин, устаткування та ін.

Ряди переважних чисел мають відповідати таким вимогам:

- ряди мають будуватися на основі математичної і раціональної залежностей;
- ряди чисел мають бути нескінченними ($0 \dots \infty$ включно 1,0);
- всі числа мають включати всі десяткові значення будь-якого числа;
- числа мають бути простими й легко запам'ятовуватися.

Історія утворення перших рядів переважних чисел пов'язана з іменем французького інженера Шарля Ренара (1878 р.), який розробив раціональний ряд діаметрів для виготовлення канатів. Враховуючи переваги геометричної прогресії перед арифметичною, Ренар узяв за основу канат і побудував ряд чисел з таким знаменником геометричної прогресії, який забезпечив би десяткове збільшення кожного числа ряду за формулою

$$g = \sqrt[5]{10} = 1,5849 \approx 1,6, \quad (6.1)$$

де g – знаменник прогресії.

Ренар одержав ряд переважних чисел:

$$\begin{aligned} g_0 &= (\sqrt[5]{10})^0; & g_1 &= (\sqrt[5]{10})^1; & g_2 &= (\sqrt[5]{10})^2; \\ g_3 &= (\sqrt[5]{10})^3; & g_4 &= (\sqrt[5]{10})^4; & g_5 &= (\sqrt[5]{10})^5. \end{aligned} \quad (6.2)$$

Одержані дані для практичного користування замінили заокругленими величинами та одержали відповідний ряд з п'яти чисел починаючи з одиниці:

$$R5 \rightarrow 1; 1,6; 2,5; 4,0; 6,3. \quad (6.3)$$

Виходячи із побудованого Ренаром ряду, умовно позначеного $R5$, згодом створено ряди $R10$, $R20$, $R40$ з відповідними значеннями знаменників геометричної прогресії:

$$R10 = \sqrt[10]{10} = 1,15; \quad R20 = \sqrt[20]{10} = 1,12; \quad R40 = \sqrt[40]{10} = 1,06. \quad (6.4)$$

Ряди переважних чисел $R5, R10, R20, R40$ називають основними.

Для побудови рядів переважних чисел, крім геометричної прогресії, зазвичай використовують арифметичні, ступінчасто-арифметичні прогресії і залежності. Ряди, побудовані за арифметичною прогресією, характерні тим, що різниця між сусідніми членами ряду залишається незмінною (наприклад, 1, 2, 3, 4, 5... ∞ – різниця $a = 1$; 25, 50, 75, 100... ∞ – різниця $a = 25$ тощо). Арифметичний ряд досить простий, проте має суттєвий недолік – відносну нерівномірність зі зростанням числових значень.

Широко використовують ряди серії E для вибору вантажопідйомності залізничних вагонів, автомобілів, контейнерів тощо. Побудова цих рядів переважних чисел аналогічна рядам Ренара, проте знаменник геометричної прогресії g відмінний від знаменника рядів Ренара.

При розробці нових стандартів на серійну продукцію, чи при перегляді застарілих стандартів параметри продукції (відповідно до вимог міжнародних та державних стандартів) мають відповідати переважним числам. У 1955 р. прийнято рекомендацію ISO/P17 Керівництво з використання чисел і рядів переважних чисел.

6.2 Міжнародна стандартизація

Міжнародна стандартизація – це сукупність міжнародних організацій із стандартизації та продуктів їх діяльності – стандартів, рекомендацій, технічних звітів та іншої науково-технічної продукції. Таких організацій три: Міжнародна організація зі стандартизації (ISO), Міжнародна електротехнічна комісія (IEC), міжнародний союз електрозв'язку (ITU).

Міжнародна організація зі стандартизації (ISO) створена у 1946 р. Її органи знаходяться в Женеві (Швейцарія). Офіційні мови ISO – англійська, французька, російська. На цих мовах видають усі матеріали та документи.

Основною метою ISO є забезпечення розвитку стандартизації та суміжних із нею галузей для сприяння міжнародному обміну товарами й послугами, а також розвитку співробітництва в інтелектуальній, науковій, технічній та економічній діяльності.

ISO, як неурядова організація, має консультативний статус ООН і є найбільшою міжнародною організацією в галузі стандартизації з широкого кола питань. Її членами є 160 країн світу.

Користувачі міжнародних стандартів ISO – промислові й ділові кола, урядові та неурядові організації, споживачі й суспільство – в цілому.

Міжнародні стандарти ISO не мають статусу обов'язкових для всіх країн-учасниць. Будь-яка країна світу вправі застосовувати або не застосовувати їх. Рішення питання щодо застосування міжнародного стандарту ISO здебільшого пов'язане зі ступенем участі країни в міжнародному поділі праці й станом її зовнішньої торгівлі.

За своїм змістом стандарти ISO відрізняються тим, що лише близько 20 % з них включають вимоги до конкретної продукції. Основна ж маса нормативних документів стосується вимог безпеки, взаємозамінності, технічної сумісності, методів випробувань продукції, а також інших загальних і методичних питань. Таким чином, використання більшості міжнародних стандартів ISO припускає, що конкретні технічні вимоги до товару встановлюють в договірних відносинах.

Основне призначення Міжнародних стандартів – це створення на міжнародному рівні єдиної методичної основи для розробки нових та вдосконалення чинних систем якості і їхніх сертифікацій.

Хоча міжнародні стандарти розробляють на основі консенсусу і добровільного визнання закладених у них вимог, на практиці відповідність їм продукції, власне кажучи, обов'язкова, тому що є критерієм конкурентоздатності й допуску на міжнародний ринок. Міжнародні стандарти стали ефективним

засобом усунення технічних бар'єрів у міжнародній торгівлі, оскільки отримали статус документів, що визначають науково-технічний рівень і якість виробів.

6.3 Якість продукції

Потреби людства в продукції та послугах різноманітні, проте вони виражають певні властивості й кількісну характеристику (параметр) цих властивостей. Потреби можуть включати такі аспекти: функціональну придатність (одяг, транспорт), фізіологічну необхідність (харчування, життєві потреби), безпечність (житло, транспорт), експлуатаційну готовність (устаткування, апарати, технологічні процеси тощо), захист навколишнього середовища (запиленість, загазованість) і багато інших.

Термін «якість» вживають стосовно певної продукції або послуг: якісні продукти харчування, якісна автомашина, якісне житло, якісний одяг, якісне обслуговування тощо. На якість продукції чи послуг впливають такі взаємопов'язані види діяльності людини, як проектування, виготовлення, зберігання, обслуговування, ремонті та ін. Кожний із перелічених видів діяльності має свої чинники, які впливають (як позитивно так і негативно) на якість продукції і забезпечення потреб людини.

Основні поняття та визначення щодо якості продукції:

– *якість продукції* – сукупність властивостей і характеристика продукції чи послуг, які надають продукції чи послугам здатності задовольнити встановлені та передбачені потреби;

– *властивість продукції* – об'єктивна особливість продукції, яка може виявлятися під час її створення, експлуатації чи споживання;

– *показник якості продукції* — кількісна характеристика однієї чи кількох властивостей продукції, що характеризують її якість, яку розглядають стосовно визначених умов її створення та експлуатації;

– *параметр продукції* – ознака продукції, яка кількісно характеризує певні її властивості;

– *придатна продукція* – така продукція, яка задовольняє всі встановлені вимоги;

– *дефект* – невиконання заданої очікуваної вимоги стосовно продукції чи вимоги, включаючи вимоги безпеки;

– *брак* – продукція з наявністю дефектів; передавання її споживачу не допускається;

– *рівень якості продукції* – відносна характеристика якості продукції, яка ґрунтується на порівнянні значень оцінюваних показників якості продукції з базовими значеннями відповідних показників;

– *система якості* – сукупність організаційної структури, методик, процесів і ресурсів, необхідних для здійснення управління якістю;

– *управління якістю* – загальні функції управління, які визначають політику, цілі, відповідність у сфері якості і здійснюються за допомогою таких заходів: планування якості, оперативне управління якістю, забезпечення якості.

Життєвий цикл будь-якої продукції – сукупність стану, який проходить продукція від утворення до використання (утилізації). Основні стадії життєвого циклу: дослідження та проектування, випробування, виготовлення, зберігання, використання або експлуатація, ремонт та утилізація.

Всю промислову продукцію з метою оцінки її рівня якості можна поділити на два класи: продукція, яку безповоротно витрачають при використанні та продукція, що витрачає свій ресурс і можна повторно використовувати лише після ремонту, повторного відновлення її якості. До I класу належить продукція, яку можна поділити на три групи: сировина й природне паливо; матеріали й продукти; опрацьовані вироби. До II класу відносять вироби, які підлягають або не підлягають ремонту.

Якщо продукцію першого класу витрачають за призначенням в процесі експлуатації, то продукція другого класу витрачає свій ресурс, який можна поновити і продовжити експлуатацію до наступного морального спрацювання.

Показники якості продукції дають кількісне визначення ступеня відповідності продукції вимогам замовника:

– показники економічного використання сировини, матеріалів, палива, електроенергії тощо;

– показники надійності роботи устаткування, верстатів тощо. До таких показників належать: довговічність, термін роботи, термін безвідмовності, термін зберігання сировини тощо;

– технологічні показники, які характеризують продукцію за відповідністю технологічним процесам її виготовлення: металоємність, технологічність, трудомісткість тощо;

– ергономічні показники: освітлення, теплостійкість, вологостійкість тощо;

– естетичні показники: пофарбування продукції, зручність роботи і розміщення устаткування, розміщення столів, освітлення робочих місць тощо;

– показники стандартизації: уніфікація, утилізація, стандартизація вузлів, деталей технологій тощо;

– показники транспортабельності: вантажопідйомність, заповнення робочого обсягу, вантажність транспортних засобів тощо;

– патенти – правові показники: наявність авторських свідоцтв, патентів тощо;

– екологічні показники: забрудненість води і повітря, рівень радіації, вміст нітратів у сільськогосподарській продукції тощо;

– показники безпеки: електроізоляція, тепловий захист, автоматика безпеки тощо;

– показники взаємозамінності деталей, вузлів виробів, устаткування тощо.

Система якості – сукупність організаційної структури, відповідних процедур, процесів і ресурсів, які забезпечують здійснення загального управління якістю продукції та послуг, підтримання міцних зв'язків між усіма ланками управління та працюючими підприємствами на всіх рівнях виробництва й реалізації.

Масштаби системи якості повинні відповідати завданням забезпечення якості. Система якості однієї організації відрізняється від системи якості іншої

організації, оскільки її формування залежить від цілей, що стоять перед організацією, її специфіки, виду виробленої продукції або послуги й властивого їй практичного досвіду. Вимоги до якості встановлюють та фіксують в нормативних і нормативно-технічних документах: державних, галузевих, фірмових стандартах, технічних умовах на продукцію, у технічних завданнях на проектування або модернізацію виробів, у кресленнях, технологічних картах і технологічних регламентах, у картах контролю якості тощо. Затверджені в 1987 р., Міжнародні стандарти ISO серії 9000 на системи якості сьогодні є нормою взаємин на ринках практично всіх країн світу. Наявність сертифіката на систему якості постачальника, що підтверджує її відповідність МС ISO 9000, стає в низці випадків обов'язковою умовою укладання контрактів на поставку продукції. При цьому діяльність за міжнародною стандартизацією системи якості постійно активізується й розвивається.

Якість будівельної продукції формується:

- при розробці нормативної документації;
- проектуванні об'єктів;
- виготовленні матеріалів, виробів, деталей і конструкцій;
- виконанні будівельно-монтажних робіт.

Якість проекту визначають рівнем прийнятих проектних рішень, їх прогресивністю, відповідністю новітнім технологіям, досягненням вітчизняного й зарубіжного досвіду.

Якість будівельних матеріалів і виробів характеризують сукупністю певних властивостей, що задовольняють умовам їх використання. Для несучих конструкцій – це міцність, жорсткість; для конструкцій, резервуарів – тріщиностійкість, водонепроникність, морозостійкість; для конструкцій, що обгороджують будинки – тепло- і звукоізоляційні властивості.

Якість будівельно-монтажних робіт визначають вимогами проекту, ДБН, технічними умовами (ТУ) і спеціальними інструкціями. Вона залежить від кваліфікації робітників та ІТП, якості машин, інструментів, застосовуваних матеріалів і виробів, дотримання технологічної послідовності виконання робіт.

Для визначення відповідності якості будівництва пропонованим вимогам й оперативному вжиттю заходів щодо ліквідації браку організують *зовнішній і внутрішній контроль* якості матеріалів і будівельно-монтажних робіт. *Зовнішній контроль* здійснюють державні й відомчі органи контролю.

Замовник виконує *технічний нагляд* за якістю виконаних робіт, перевіряє обсяги та контролює строки їх виконання, бере участь у прийманні закінчених об'єктів.

Органи державного архітектурно-будівельного контролю (*Держархбудконтролю*) видають дозвіл на виробництво будівельно-монтажних робіт, контролюють правильність забудови виділеної ділянки й дотримання технічних правил ведення робіт. Наявність *ліцензії* на виконання будівельних робіт – обов'язкова для підрядної організації, яка веде роботи на об'єктах відповідальності СС2 і СС3.

Авторський нагляд в особі генеральної проектної організації контролює якість робіт і відповідність споруджуваних об'єктів (споруд) затвердженому проекту.

Пожежна інспекція контролює виконання на об'єкті запроектованих протипожежних заходів.

Санітарна інспекція стежить за дотриманням на будмайданчику обов'язкових правил санітарії й гігієни, а також за своєчасним виконанням заходів щодо охорони навколишнього середовища.

Держгірпромнагляд контролює технічний стан і безпеку експлуатації підйимально-транспортних машин та устаткування, котлів й інших ємностей, що працюють під тиском. Органи державного нагляду за охороною праці здійснюють контроль за створенням, дотриманням безпечних і нешкідливих умов праці відповідно до Закону України «Про охорону праці».

Банківський (фінансовий) контроль здійснюють для перевірки цільового використання кредитів, асигнувань, матеріальних ресурсів і коштів, строків і вартості будівництва. Генеральний замовник або генпідрядник шляхом контрольних обмірів перевіряють кількість, характер і вартість робіт, не

допускаючи до оплати ті з них, які виконані з відступами від проекту, неякісно або не комплексно.

Технічний контроль здійснюють працівники й контролюючі органи будівельних організацій на всіх стадіях виконання робіт (рис. 6.1). *Оперативний контроль* за якістю робіт покладений на виконроба, будівельного майстра й бригадира, які виконують його безперервно й постійно. Особлива відповідальність при цьому покладена на лінійних ІТП.

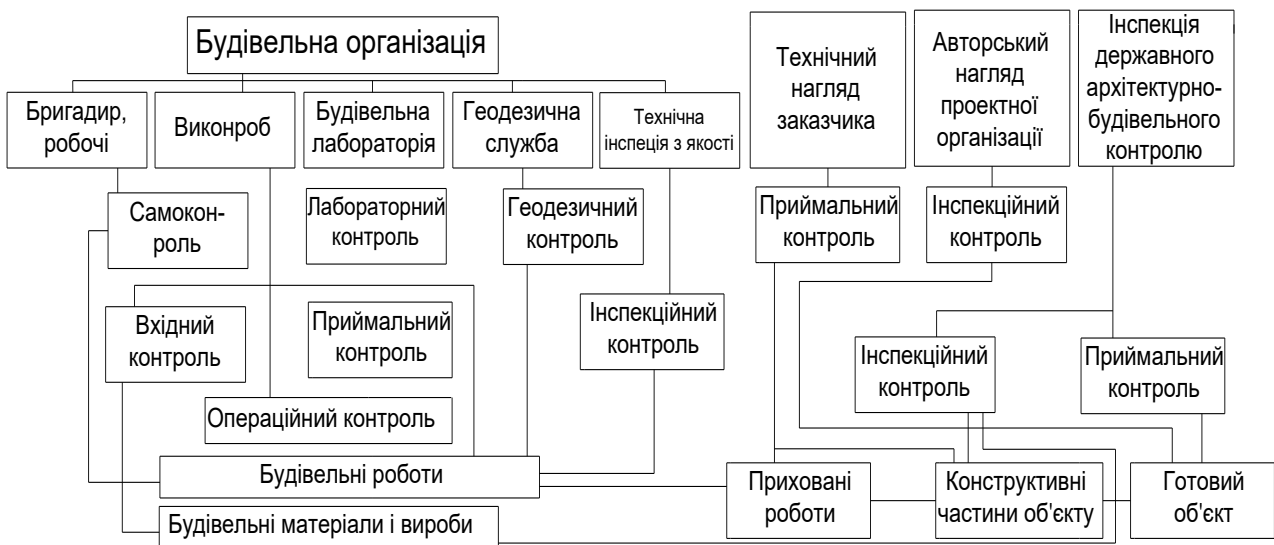


Рисунок 6.1 – Схема організації контролю якості в будівництві

Документально фіксується зобов'язання виконавця робіт суворо дотримуватися при будівництві об'єктів вимоги проекту, ДБН, ТУ та інших нормативних документів. При цьому він попереджують про особисту адміністративну й кримінальну відповідальність за порушення технічних умов провадження робіт і будівельного законодавства. Головний інженер, як технічний керівник організації, систематично здійснює вибіркового контролю якості робіт.

Залежно від етапів виготовлення будівельної продукції, розрізняють чотири основних види внутрішнього контролю: *вхідний, операційний, приймальний і лабораторний*.

Вхідний контроль служить для перевірки якості проєктної документації, а також матеріалів, виробів та обладнання. Відповідність документації можливостям якісного виконання робіт перевіряє технічний відділ при узгодженні проєкту й при одержанні робочих креслень. Якість виробів, матеріалів та устаткування перевіряють згідно з відповідністю сертифікатам, стандартам, ТУ, паспортам і робочим кресленням. Цей вид контролю здійснюють виконроби, майстри, бригадири, представники будівельних лабораторій і замовника.

Операційний контроль якості є основним видом внутрішнього технічного контролю, який здійснюють безпосередньо на робочих місцях. Його виконують у вигляді самоконтролю – робітники й контролю – виробничий персонал. Звичайно операційний контроль виконують після завершення виробничих операцій. Його мета – виявлення дефектів і вживання оперативних заходів щодо їх усунення. Операційний контроль здійснюють відповідно до спеціальних схем контролю, розроблених у складі проєкту виробництва робіт.

Приймальний контроль служить для оцінки якості закінчених споруд або їх частин, а також прихованих робіт.

Лабораторний контроль здійснюють в обов'язковому порядку на об'єктах будівництва при значних обсягах робіт. Будівельні лабораторії стежать за якістю матеріалів і виробів (цементу, труб, муфт, ущільнювачів, електродів, бітуму, пасма тощо), перевіряють їх на відповідність ДСТУ, ТУ, нормам і сертифікатам.

Метрологічне й геодезичне забезпечення якості здійснюють будівельна лабораторія й геодезична служба з метою єдності, точності й вірогідності вимірів.

Правове забезпечення якості здійснює юридична служба спільно з кошторисно-договірним відділом і відділом маркетингу.

6.4 Основи сертифікації продукції

Визначення та терміни в галузі сертифікації потрібні для забезпечення єдиного розуміння спеціалістами правил і процедур сертифікації та акредитації

в міжнародному масштабі. Терміни та визначення встановлені керівними вказівками ISO/IEC2 і на європейському рівні закріплені в стандарті EN 45020.

Сертифікація – контрольні випробування, на основі яких встановлюють відповідність продукції чи послуг вимогам нормативного документа, за яким здійснювалось виготовлення продукції чи надання послуг і що проводяться третьою незалежною стороною.

Сертифікація відповідності – дія третьої сторони, яка доводить, що належним чином ідентифікована продукція, процес, послуги відповідають конкретному стандарту чи нормативному документу. Метою цієї роботи є забезпечення відповідності продукції чи послуг прийнятим вимогам на основі результатів випробувань, проведених третьою стороною.

Система сертифікації – це система, яка має власні правила, процедури й управління для проведення сертифікації відповідності і функціонує на міжнародному чи національному рівні.

Орган із сертифікації – орган, який проводить сертифікацію відповідності самостійно або ж здійснює нагляд за цією діяльністю, яку проводить інша організація за його дорученням.

Сертифікат відповідності – документ, який вказує на те, що певна продукція, процеси й послуги належним чином відповідають конкретному стандарту чи нормативному документу. Останній видають з правилами системи сертифікації.

Знак відповідності – знак, який гарантує, що дана продукція, процеси чи послуги відповідають конкретному стандарту або ж нормативному документу. Знак видають відповідно до правил системи сертифікації.

Третя сторона – особа або орган, який визнають незалежними від сторін (виробника й споживача), що беруть участь у питанні, яке розглядають чи обговорюють.

Випробування – технічна операція, яка полягає у встановленні однієї або декількох характеристик певної продукції, процесів чи послуг відповідно до встановленої процедури.

Метод випробувань – встановлений порядок проведення випробувань.

Випробувальна лабораторія – лабораторія, яка проводить випробування продукції та її характеристики.

Акредитація (лабораторії). Офіційне визнання того, що випробувальна лабораторія є правочинною здійснювати конкретні випробування чи конкретні типи випробувань.

Орган з акредитації (лабораторії) – орган, який керує системою акредитації лабораторій і проводить акредитацію.

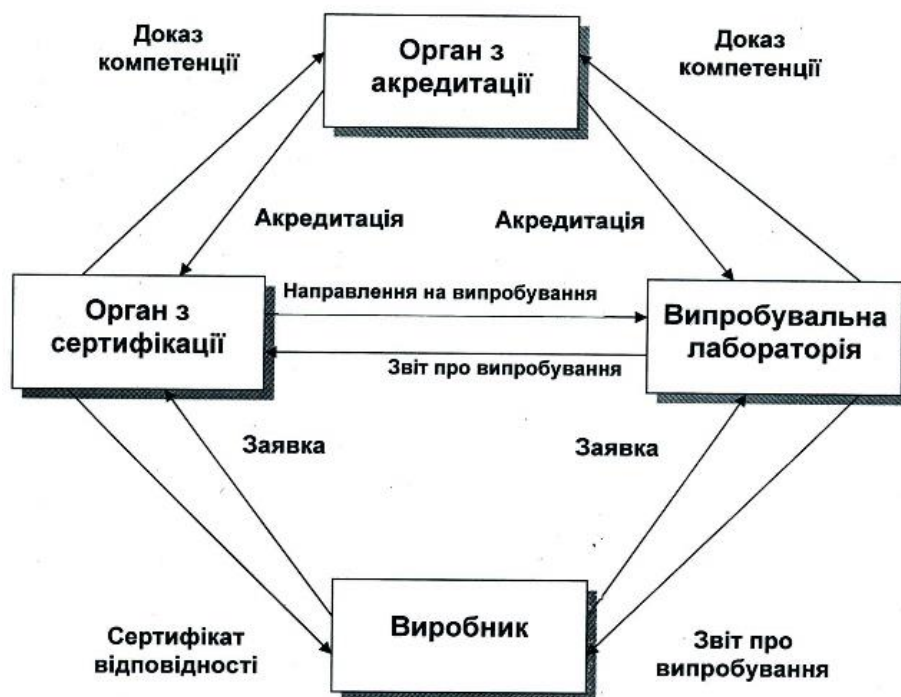


Рисунок 6.2 – Схема організації акредитації випробувальних лабораторій і сертифікації продукції

Інтеграційні процеси у світовій економіці сприяли розвитку й вдосконаленню в Україні процесів сертифікації та акредитації, узгоджуючи їх з міжнародними стандартами.

У 1992 р. відповідно до Закону України «Про захист прав споживачів» у державі розпочалася сертифікація продукції та послуг під керівництвом Держстандарту України. Прийнятий в 1993 р. Кабміном України Декрет «Про стандартизацію та сертифікацію», сприяв подальшому розвитку стандартизації

та сертифікації в державі. Україна в 1997 р. ввійшла до Міжнародної системи сертифікації МЕКСЕ та МЕКБ.

Сертифікацію продукції в Україні поділяють на *обов'язкову* й *добровільну*.

Сертифікацію продукції здійснюють уповноважені на те органи із сертифікації – підприємства, установи й організації з метою:

– запобігання реалізації продукції, небезпечної для життя, здоров'я і майна громадян і навколишнього природного середовища;

– сприяння споживачеві в компетентному виборі продукції;

– створення умов для участі суб'єктів підприємницької діяльності в міжнародному економічному, науково-технічному співробітництві й міжнародній торгівлі.

Під час проведення сертифікації й при позитивному рішенні органа з сертифікації заявникові видають *сертифікат* і право маркірувати продукцію спеціальним *знаком відповідності*. Форму, розміри та технічні вимоги до знака відповідності визначають державним стандартом ДСТУ 2296-93. Знак відповідності не може бути застосований, якщо порушені правила його використання.

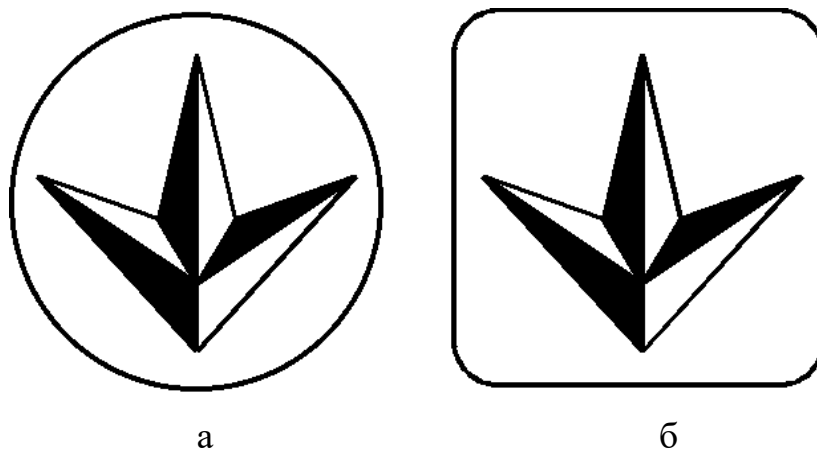


Рисунок 6.3 – Знаки відповідності системи сертифікації України:

а – маркується продукція, яка підлягає обов'язковій сертифікації;

б – для позначення продукції при добровільній сертифікації

Відповідність продукції (товару), ввезеної та реалізованої на території України, стандартам, що діють в Україні, повинна підтверджуватися *сертифікатом відповідності* або свідченням про визнання відповідності, виданим або визнаним центральним органом виконавчої влади з питань технічного регулювання або акредитованим у встановленому порядку органом з сертифікації, уповноваженим на здійснення цієї діяльності в законодавчо регульованій сфері. Підтвердження відповідності харчових продуктів, продовольчої сировини, що супроводжують матеріали, ввезені на митну територію України, здійснюється за встановленими законами.

МІНІСТЕРСТВО ЕКОНОМІЧНОГО РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ УКРАЇНИ
 ДЕРЖАВНА СИСТЕМА СЕРТИФІКАЦІЇ УкрСЕПРО

Серія ВГ

СЕРТИФІКАТ ВІДПОВІДНОСТІ

Зареєстровано в Реєстрі за № **UA1.023.0037643-16**
 Зареєстрований в Реєстрі

Термін дії з **21 жовтня 2016** до **20 жовтня 2018**
 Срок дієвості

Продукція: **блоки дверні металеві протидимні вхідні в квартири та будинки категорії міцності D1, з класом вогнестійкості EI60**
 Код продукції: **25.12.10**

Відповідає вимогам **ДСТУ Б В.2.6-11:2011 'Блоки дверні металеві протидимні вхідні в квартири. Загальні технічні умови.' пп. 6.2.1 - 6.2.3; 6.2.5; 6.2.9; 6.2.12 - 6.2.14; 6.2.16; 6.2.18; 6.2.25; 6.2.26**
 Сумісність з вимогами

Виробник продукції: **ТОВ 'АПЛОТ', Чернівецька обл., Сторожинецький р-н., с. Великий Кучурів, вул. Головна 31/О, код ЄДРПОУ: 38623486. Виробництво: Чернівецька обл., Сторожинецький р-н., с. Великий Кучурів, вул. Головна 24/П**
 Ідентифікатор виробника

Сертифікат видано: **ТОВ 'АПЛОТ', Чернівецька обл., Сторожинецький р-н., с. Великий Кучурів, вул. Головна 31/О, код ЄДРПОУ: 38623486**
 Сертифікат видано

Додаткова інформація: **блоки дверні металеві протидимні вхідні в квартири та будинки категорії міцності D1, з класом вогнестійкості EI60, що виготовляється серійно з 21.10.2016р. до 20.10.2018р. Технічний нагляд за виробництвом сертифікованої продукції проводиться один раз в рік.**
 Додаткова інформація

Сертифікат видано органом з сертифікації: **продукції та послуг ДП 'Івано-Франківськстандартметрологія' м.Івано-Франківськ, вул.Вовчиноцька,127, свідоцтво про призначення №UA.P.023 від 24.07.2012р.**
 Сертифікат видано органом з сертифікації

На підставі: **протоколу випробувань № ГФРІ 122.4856-2 від 26.08.2016р., виданого ВЛ ПП 'Еталон', Хмельницька обл., м. Кам'янець-Подільський, Хмельницьке шосе, 32, атестат акредитації № 2Н178 від 11.06.2012р. до 10.06.2017р.; № 48-16 від 11.10.2016р., виданого ВЛ ТОВ 'ПОЖТЕСТ', м. Київ, вул. Бориспільська, 9, корпус 61, атестат акредитації № 2Н334 від 29.11.2014р. до 28.11.2019р. Акт обстеження виробництва № 11-2016/30 від 21.10.2016р.**
 На підставі

Заст. Керівник органу з сертифікації: **В.В. Соколовський**
 Рухомий штамп органу з сертифікації: **М.П.** ініціал, прізвище

№ 471930

Чисельність сертифіката відповідності можна перевірити в Реєстрі системи УкрСЕПРО за тел. (044) 537-35-76

Рисунок 6.4 – Форма сертифікату відповідності на продукцію

В галузі будівництва згідно з постановою КМУ України сертифікації підлягають і фахові спеціалісти – проєктувальники (провідні архітектори і конструктори, експерти в будівельній документації та з обстеження будівель і споруд) та інженери технічного нагляду за будівництвом. Спеціалісти проходять

перепідготовку у спеціалізованих центрах акредитації і отримують кваліфікаційні сертифікати встановленої форми (рис. 6.5).

З 2010 року в Україні при прийомці об'єкта будівництва або реконструкції Державною архітектурно-будівельною інспекцією видається сертифікат відповідності, що засвідчує якісні характеристики об'єкта та підтверджує його готовність до експлуатації. Форма такого сертифікату наводиться в додатку Г.



Рисунок 6.5 – Форми кваліфікаційних сертифікатів спеціалістів – відповідальних виконавців робіт, пов'язаних із створенням об'єктів архітектури

6.5 Основні положення з технічного регулювання

У 2006 році прийнято Закон України «Про стандарти, технічні регламенти та процедури оцінки відповідності», яким регулюються правові і організаційні відносини і принципи державної політики у сфері технічного регулювання, стандартизації та оцінки відповідності об'єктів технічного регулювання і стандартизації (продукція, процеси та послуги, матеріали, які складають устаткування, системи та їх сумісність, правила, процедури, функції, методи або

діяльність, персонал та органи, а також вимоги до термінології, позначень, фасувань, пакування, маркування, системи управління якістю і системи екологічного управління).

Технічне регулювання – це правове регулювання відносин у 3-х сферах:

– у галузі встановлення, застосування і виконання обов’язкових вимог до об’єктів технічного регулювання (ці обов’язкові вимоги встановлюються в *технічних регламентах*);

– у галузі встановлення і застосування на добровільній основі вимог до об’єктів технічного регулювання та виконання робіт або послуг (ці добровільні до виконання вимоги наводяться в *стандартах* або *договорах*);

– у галузі оцінки відповідності (*декларування відповідності*, обов’язкова або добровільна *сертифікація відповідності*).

Об’єктами технічного регулювання можуть бути продукція; процеси виробництва; експлуатація, збереження, перевезення, реалізація, утилізація продукції; роботи або послуги з оцінкою відповідності.

Технічний регламент – це закон України або нормативно-правовий акт, прийнятий Кабінетом Міністрів України, у якому визначено характеристики продукції або пов’язані з нею процеси чи способи виробництва, а також вимоги до послуг, включаючи відповідні положення, дотримання яких є обов’язковим. Він може також містити вимоги до термінології, позначок, пакування, маркування чи етикетування, які застосовуються до певної продукції, процесу чи способу виробництва.

В Україні на сьогодні виконується перехід системи сертифікації на оцінку відповідності якісних характеристик продукції за вимогами *Технічних регламентів*. У рамках цього процесу вже розроблено кілька десятків *Технічних регламентів* еквівалентних Директивам Європейського Союзу (ЄС). Наприклад, Постановою Кабміну України від 20.12.2006 №1764 затверджено *Технічний регламент будівельних виробів, будівель і споруд*. На додаток до нього розроблена настанова ДСТУ-Н Б А.1.2-6:2010 Оцінювання відповідності у будівництві згідно з технічним регламентом.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бичківський Р. В. Метрологія, стандартизація, управління якістю і сертифікація : підруч. для вищ. навч. закл. / Р. В. Бичківський, П. Г. Столярчук, П. Р. Гамула ; М-во освіти і науки України, Нац. ун-т «Львівська політехніка»; за ред. Р. В. Бичківського. – Львів : Вид-во Львів. політехніки, 2002. – 560 с.
2. Кліменко В. З. Випробування конструкцій, обстеження та моніторинг будівель і споруд : підручник / В. З. Кліменко, І. Д. Белов. – Київ : ТОВ «Кондор-Видавництво», 2018. – 572 с.
3. Молодченко Г. А. Метрологія і стандартизація : навч. посіб. / Г. А. Молодченко, В. М. Попельнух. – Харків : ХДАМГ, 2001. – 76 с.
4. Топольник В. Г. Метрологія, стандартизація, сертифікація і управління якістю : навч. посіб. / В. Г. Топольник, М. А. Котляр. – Донецьк : ДонДУЕТ, 2006. – 211 с.
5. Тарасова В. В. Метрологія, стандартизація і сертифікація : підручник / В. В. Тарасова, А. С. Малиновський, М. Ф. Рибак. – Київ : Центр навч. літератури, 2006. – 264 с.
6. Цюцюра С. В. Метрологія, основи вимірювань, стандартизація та сертифікація : навч. посіб. / С. В. Цюцюра, В. Д. Цюцюра. – Київ : Знання, 2005. – 242 с.
7. Гара О. А. Основи метрології і стандартизації в будівництві : навч. посіб. / О. А. Гара. – Одеса : ПОЛІГРАФ, 2016. – 256 с.
8. Бутенко Т. І. Конспект лекцій з дисципліни «Метрологія, сертифікація та контроль якості продукції» / Т. І. Бутенко, С. О. Колінько., В. А. Ващенко. – Черкаси : ЧДТУ, 2021. – 99 с.

ДОДАТОК А

Таблиця А.1 – Міжнародна система одиниць (СІ)

Величина		Одиниця		
Назва	Розмірність	Назва	Позначення	
			Українське	Міжна- родне
1	2	3	4	5
<i>Основні одиниці</i>				
Довжина	L	метр	м	m
Маса	M	кілограм	кг	kg
Час	T	секунда	с	s
Сила електричного струму	I	ампер	А	A
Термодинамічна температура	θ	кельвін	К	K
Сила світла	J	кандела	кд	cd
Кількість речовини	N	моль	моль	mol
<i>Похідні одиниці простору і часу</i>				
Площинний кут	a	радіан	рад	rad
Просторовий кут	W	стерадіан	ср	sr
Площа	L^2	квадратний метр	m^2	m^2
Об'єм, місткість	L^3	кубічний метр	m^3	m^3
Швидкість	LT^{-1}	метр за секунду	м/с	m/s
Прискорення	LT^{-2}	метр за секунду в квадраті	м/с ²	m/s ²
Кутова швидкість	T^{-1}	радіан за секунду	рад/с	rad/s
Кутове прискорення	T^{-2}	радіан за секунду в квадраті	рад/с ²	rad/s ²
Період	T	секунда	с	s
Частота періодичного процесу	T^{-1}	герц	Гц	Hz
Частота обертання	T^{-1}	секунда у мінус першому ступені	s^{-1}	s^{-1}
Коефіцієнт затухання	T^{-1}	секунда у мінус першому ступені	s^{-1}	s^{-1}
Коефіцієнт послаблення	T^{-1}	метр у мінус першому ступені	m^{-1}	m^{-1}
Густина	ML^{-3}	кілограм на кубічний метр	кг/м ³	kg/m ³

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5
<i>Похідні одиниці механічних величин</i>				
Питомий об'єм	L^3M^{-1}	кубічний метр на кілограм	m^3/kg	m^3/kg
Момент інерції (динамічний)	ML^2	кілограм-метр у квадраті	$kg \cdot m^2$	$kg \cdot m^2$
Момент кількості руху	ML^2T^{-1}	кілограм-метр у квадраті за секунду	$kg \cdot m^2/s$	$kg \cdot m^2/s$
Кількість руху	MLT^{-1}	кілограм-метр за секунду	$kg \cdot m/s$	$kg \cdot m/s$
Момент інерції площі	L^4	метр у четвертому ступені	m^4	m^4
площинної фігури, полярний, центробіжний	MLT^{-2} MLT^{-2} MLT^{-1}			
Сила		НЬЮТОН	Н	Н
Сила тяжіння (вага)	ML^2T^{-2}	НЬЮТОН	Н	Н
Імпульс сили	$ML^{-1}T^{-2}$	НЬЮТОН-секунда	Н·с	Н·с
Момент сили, момент пари сил	$ML^{-1}T^{-2}$ $ML^{-1}T^{-2}$	НЬЮТОН-метр	Н·м	Н·м
Тиск		паскаль	Па	Pa
Нормальна напруга		паскаль	Па	Pa
Дотична напруга	$ML^{-1}T^{-2}$	паскаль	Па	Pa
Модуль поздовжньої пружності	$ML^{-1}T^{-2}$	паскаль	Па	Pa
Модуль зсуву		паскаль	Па	Pa
Модуль об'ємного стиснення	$ML^{-1}T^{-2}$	паскаль	Па	Pa
Робота	ML^2T^{-2}	джоуль	Дж	J
Енергія	ML^2T^{-2}	джоуль	Дж	J
Потужність	ML^2T^{-3}	ват	Вт	W
Витрата масова	MT^{-1}	кілограм за секунду	kg/s	kg/s
Витрата об'ємна	M^3T^{-1}	метр кубічний за секунду	m^3/s	M^3/s
Динамічна в'язкість	$ML^{-1}T^{-1}$	паскаль-секунда	Па·с	Pa·s
Кінематична в'язкість	L^2T^{-1}	квадратний метр за секунду	$m^2 \cdot c$	m^2/s

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5
<i>Похідні одиниці теплових величин</i>				
Різниця температур	T	кельвін	K	K
Кількість теплоти	ML ² T ⁻²	джоуль	Дж	J
Питома кількість теплоти	L ² T ⁻²	джоуль на кілограм	Дж/кг	J/kg
Теплоємність	ML ² T ⁻² θ ⁻¹	джоуль на кельвін	Дж/К	J/K
Ентропія	ML ² T ⁻² θ ⁻¹	джоуль на кельвін	Дж/К	J/K
Питома ентропія	L ² T ² θ ⁻¹	джоуль на кілограм-кельвін	Дж/кг·К	J/kg·K
Питома теплоємність	L ² T ⁻² θ ⁻¹	джоуль на кілограм-кельвін	Дж/кг·К	J/kg·K
Питома газова постійна	L ² T ⁻² θ ⁻¹	джоуль на кілограм-кельвін	Дж/кг·К	J/kg·K
Тепловий потік	L ² MT ⁻³	ват	Вт	W
Теплопровідність	MLT ⁻³ θ ⁻¹	ват на метр-кельвін	Вт/м·К	W/m·k
Температуропровідність	L ² T ⁻¹	квадратний метр за секунду	м ² /с	м ² /s
Температурний градієнт	L ⁻¹ θ	кельвін на метр	К/м	K ⁻¹
Температурний коефіцієнт	θ ⁻¹	кельвін у мінус першому ступені	K ⁻¹	K ⁻¹
Коефіцієнт теплопередачі	MT ⁻³ θ ⁻¹	ват на квадратний метр-кельвін	Вт/м ² ·К	W/m ² ·K
<i>Похідні одиниці електричних і магнітних величин</i>				
Електричний потенціал	ML ² T ⁻³ I ⁻¹	вольт	В	V
Електрорушійна сила	ML ² T ⁻³ I ⁻¹	вольт	В	V
Різниця електричних потенціалів	ML ² T ⁻³ I ⁻²	ом	Ом	Ω
Електричний опір	ML ³ T ⁻³ I ⁻²	ом·метр	Ом·м	Ω·m

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5
Питомий електричний опір	$L^{-2}M^{-1}T^4I^2$	фарада	Ф	F
Електрична ємність	$L^{-2}M^{-1}T^3I^2$	сіменс	См	S
Електрична провідність	$L^{-3}M^{-1}T^3I^2$	сіменс на метр	См/м	S/m
Питома електрична провідність	$L^2MT^{-2}I^{-1}$	вебер	В	Wb
Магнітний потік	$MT^{-2}I^{-1}$	тесла	Тл	T
Магнітна індукція	I	ампер	А	A
Магніторушійна сила				
Густина електричного струму	$L^{-1}I$	ампер на метр	А/м	A/m
Кількість електрики (електричний заряд)	$L^{-1}I$	ампер	А/м	A/m
Поверхнева густина електричного заряду	TI	кулон	Кл	C
Просторова густина електричного заряду	$L^{-2}TI$	кулон на квадратний метр	Кл/м ²	C/m ²
Електричний момент диполя	$L^{-3}TI$	кулон на кубічний метр	Кл/м ³	C/m ³
Індуктивність (взаємна індуктивність)	LT	кулон-метр	Кл·м	C·m
Намагніченість	$L^2MN^{-2}I^{-2}$	генрі	Гн	H
Магнітний опір	$L^{-1}I$	генрі у мінус першому ступені	Гн ⁻¹	H ⁻¹
Електрична енергія	$L^{-2}M^1T^2I^2$	джоуль	Дж	J
Активна потужність	L^2MT^{-2}	ват	Вт	W
Реактивна потужність	L^2MT^{-3}	вар	вар	var
Повна потужність	L^2MT^{-3}	вольт-ампер	В А	V·A
<i>Похідні світлових одиниць</i>				
Світловий потік	J	люмен	лм	Im
Світлова енергія	TJ	люмен-секунда	лм·с	Im·s
Яскравість	$L^{-2}J$	кандела на метр	кд/м ²	cd/m ²
Освітленість	$L^{-2}J$	квадратний люкс	лк	lx
Світність	$L^{-2}J$	люмен на метр	лм/м ²	Im m ²
Світлова експозиція	$L^{-2}TJ$	квадратний люкс-секунда	лк·с	lx·s

Закінчення таблиці А.1

1	2	3	4	5
Енергія випромінювання	L^2MT^{-2}	джоуль	Дж	J
Енергетична експозиція	MT^{-2}	джоуль на метр квадратний	Дж/м ²	I/m ²
Потік випромінювання (потужність)	L^2MT^{-3}	ват	Вт	W
Поверхнева густина потоку випромінювання	MT^{-3}	ват на метр квадратний	Вт/м ²	W/m ²
<i>Похідні одиниці акустичних</i>				
Звуковий тиск	$L^{-1}MT^{-2}$	паскаль	Па	Pa
Звукова енергія	L^2MT^{-2}	джоуль	Дж	J
Потік звукової енергії (потужність)	L^2MT^{-3}	ват	Вт	W
Густина звукової енергії	$L^{-1}MT^{-2}$	джоуль на кубічний метр	Дж/м ³	J/m ³
Довжина хвилі	L	метр	м	m
Період звукових коливань	T	секунда	с	s
Частота звукових коливань	T ⁻¹	герц	Гц	Hz
Швидкість коливання частинки	LT ⁻¹	метр на секунду	м/с	m/s
Швидкість звуку	LT ⁻¹	метр на секунду	м/с	m/s
Інтенсивність звуку	MT^{-3}	ват на метр квадратний	Вт/м ²	W/m ²
Акустичний опір	L^4MT^{-1}	паскаль-секунда на метр кубічний	Па·с/м ³	Pa·s/m ³
<i>Похідні одиниці іонізуючих випромінювань</i>				
Енергія іонізуючого випромінювання	L^2MT^{-2}	джоуль	Дж	J
Потік енергії іонізуючого випромінювання	L^2MT^{-3}	ват	Вт	W
Доза випромінювання	L^2T^{-2}	грей	Гр	Gy
Еквівалентна доза Керма	L^2T^{-2}	зіверт	Зв	Sv
Потужність доз випромінювання	L^2T^{-3}	грей за секунду	Гр/с	Gy/s
Експозиційна доза (іонізуючого випромінювання)	$M^{-1}TI$	кулон на кілограм	Кл/кг	C/kg

ДОДАТОК Б

Таблиця Б.1 – Позасистемні одиниці допущені до застосування на рівні з одиницями системи СІ

Назва величини	Одиниця				Примітка
	Назва	Позначення		Співвідношення з одиницями СІ	
		українське	міжнародне		
Час*	хвилина, година доба	хв, год, д	min., h, d	1 хв = 60 с, 1 год = 3 600 с, 1 д = 24 год	Недопустиме використання з префіксами
Маса	тонна, центнер, уніфікована атомна одиниця маси		t z u	1 т = 1 000 кг, 1 ц = 100 кг а. о. м. = 1,660 54 · 10 ⁻²⁷	Значення атомної одиниці маси, визначене експериментально
Об'єм, місткість	літр **	л	l	1 л = 1 дм ³ = 10 ⁻³ м ³	Літр – спеціальна назва кубічного дециметра
Енергія	електрон-вольт	eВ	eV	1 eВ = 1,602 177 10 ⁻¹⁹ Дж	Значення електрон-вольта визначене експериментально
Площинний кут	градус	...°	...°	1° = (π/180) рад,	
	хвилина	...'	...'	1' = (1/60°) = = (π/10 800) рад,	
	секунда	...''	...''	1'' = (1/60') = = (π/648 000) рад	

* Припустиме також застосування одиниць часу: тиждень, місяць, рік тощо, проте їх визначення потребує уточнення.
** Не рекомендується застосовувати при точному вимірюванні.

ДОДАТОК В

Таблиця В.1 – Давньоруські міри та переведення їх в одиниці СІ

Величина	Одиниця	Переведення в одиниці СІ
Довжина	верста сажень аршин лікоть ступня долоня вершок фуг дюйм палець лінія точка сотка	1,066 8 км 2,133 6 м 0,711 2 с 0,538 5 м 0,359 м 8,99 см 4,49 см 0,304 м 2,540 см 22,4 мм 2,54 см 0,254 мм 2,1336 см
Маса	пуд фунт лот золотник доля	16,370 496 кг 0,409 512 41 кг 12,797 262 г 4,263 542 г 44,434 940 мг
Площа, об'єм, місткість	десятина відро штоф (1/10 відра) чверть (для сипучих матеріалів) четверик гарнц	10 925,4 м ² 12,299 4 дм ³ 1,229 94 дм ³ 0,209 909 м ³ 0,262 387 м ³ 3,279 84 дм ³

ДОДАТОК Г

Форма сертифіката відповідності закінченого будівництвом об'єкта (до Постанови КМУ № 750 від 08.09.2015)

СЕРТИФІКАТ

серія _____ № _____

Цим сертифікатом _____
(найменування органу, який видає сертифікат)
засвідчує відповідність закінченого будівництвом об'єкта (черги, окремого пускового
комплексу) _____
(найменування об'єкта згідно з проектом, характер будівництва,
місцезнаходження, основні показники об'єкта)
проектній документації та підтверджує його готовність до експлуатації.

Замовник об'єкта _____
(прізвище, ім'я та по батькові фізичної особи,
найменування юридичної особи, місцезнаходження, код платника
податків згідно з ЄДРПОУ або податковий номер)

Генеральний проектувальник (проектуювальник) _____
(прізвище, ім'я та по батькові
фізичної особи;
найменування юридичної особи, місцезнаходження,
код платника податків згідно з ЄДРПОУ або податковий номер)

Генеральний підрядник (підрядник) _____
(прізвище, ім'я та по батькові фізичної особи;
найменування юридичної особи, місцезнаходження,
код платника податків згідно з ЄДРПОУ або податковий номер)

Сертифікат виданий на підставі акта готовності об'єкта до експлуатації
від _____ 20__ р. (копія додається).

Дата видачі сертифіката _____ 20__ р.

(найменування посади)

(підпис)

(прізвище, ім'я та по батькові)

МП

Електронне навчальне видання

СЄДИШЕВ Євгеній Серафимович,
НАБОКА Анатолій Віталійович,
ПЕТРЕНКО Дмитро Григорович,
КРУЛЬ Юрій Миколайович

МЕТРОЛОГІЯ І СТАНДАРТИЗАЦІЯ

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

(для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти всіх форм навчання зі спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія, освітньо-професійна програма «Промислове та цивільне будівництво»)

Відповідальний за випуск *С. М. Золотов*
Редактор *О. А. Норик*
Комп'ютерне верстання *А. В. Набока*

План 2022, поз. 1Л

Підп. до друку 09.04.2024. Формат 60 × 84/16.
Ум. друк. арк. 6,2.

Видавець і виготовлювач:
Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002.
Електронна адреса: office@kname.edu.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК № 5328 від 11.04.2017.