

НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ

Будівельні матеріали

Бетони

МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ДЕФОРМАЦІЙ УСАДКИ ТА ПОВЗУЧОСТІ

ДСТУ Б В.2.7-216:2009

Київ

Мінрегіонбуд України 2010

ПЕРЕДМОВА

1 РОЗРОБЛЕНО:

Державне підприємство "Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій" (ДП НДІБК)

РОЗРОБНИКИ: **А. Бамбура**, д-р техн. наук (науковий керівник); **М. Безбожна**; **О. Гурківський**, канд. техн. наук; **П. Кривошеев**, канд. техн. наук, професор; **Т. Мірошник**; **Ю. Немчинов**, д-р техн. наук, професор; **О. Перлова**, канд. техн. наук; **Ю. Слюсаренко**, канд. техн. наук; **В. Тарасюк**, канд. техн. наук; **Г. Шарапов**, канд. техн. наук.

2 ПРИЙНЯТО ТА НАДАНО ЧИННОСТІ :

наказ Мінрегіонбуду України від 22 грудня 2009 р. № 637

3 УВЕДЕНО ВПЕРШЕ (зі скасуванням в Україні ГОСТ 24544-81)

Право власності на цей документ належить державі.

**Цей документ не може бути повністю чи частково відтворений,
тиражований і розповсюджений як офіційне видання без дозволу
Міністерства регіонального розвитку та будівництва України**

© Мінрегіонбуд України, 2010

Офіційний видавець нормативних документів у галузі будівництва і промисловості будівельних матеріалів

Мінрегіонбуду України

Державне підприємство "Укрархбудінформ"

ВСТУП

У стандарті використані основні положення ГОСТ 24544-81.

НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ

Будівельні матеріали

Бетони

МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ДЕФОРМАЦІЙ УСАДКИ ТА ПОВЗУЧОСТІ

Строительные материалы

Бетоны

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЕФОРМАЦИЙ УСАДКИ И ПОЛЗУЧЕСТИ

Building materials

Concretes

METHODS OF SHRINKAGE AND CREEP DETERMINATION

Чинний з **2010-09-01****1 СФЕРА ЗАСТОСУВАННЯ**

1.1 Цей стандарт поширюється на всі види цементних, а також силікатних бетонів, застосовуваних у промисловому, енергетичному, транспортному, водогосподарському, цивільному, сільськогосподарському будівництві, у тому числі на бетони, що піддаються в процесі експлуатації нагріванню, насиченню водою або нафтопродуктами.

1.2 Суть методу випробувань для визначення деформацій усадки полягає у їх вимірюванні у напрямку поздовжньої осі ненавантаженого зразка.

Суть методу випробувань для визначення деформацій повзучості полягає у їх вимірюванні у напрямку поздовжньої осі зразка, завантаженого постійним за величиною осьовим стискальним навантаженням.

Випробування, передбачені даним стандартом, проводяться тільки на зразках, спеціально виготовлених з бетонної суміші. Зразки, випиляні або вибурені з елементів конструкцій, при випробуванні бетону на усадку та повзучість не застосовуються.

1.3 Цей стандарт слід застосовувати при визначенні показників властивостей бетонів різного виду і призначення відповідно до вимог стандартів, технічних умов або робочих креслень на бетонні та залізобетонні конструкції і вироби, а також при вивченні властивостей нових видів бетонів.

2 НОРМАТИВНІ ПОСИЛАННЯ

У цьому стандарті є посилання на такі нормативні акти та нормативні документи:

ДБН А.3.2-2-2009 Система стандартів безпеки праці. Промислова безпека у будівництві. Основні положення

ДБН В. 1.1-7-2002 Захист від пожежі. Пожежна безпека об'єктів будівництва

ДСТУ Б А.3.2-12:2009 Система стандартів безпеки праці. Системи вентиляційні. Загальні вимоги

ДСТУ Б В.2.7-46-96 Будівельні матеріали. Цементи загальнобудівельного призначення. Технічні умови

ДСТУ Б В.2.7-71-98 (ГОСТ 8269.0-97) Будівельні матеріали. Щебінь і гравій із щільних гірських порід і відходів промислового виробництва для будівельних робіт. Методи фізико-механічних випробувань

ДСТУ Б В.2.7-114-2002 (ГОСТ 10181-2000) Будівельні матеріали. Суміші бетонні. Методи випробувань

ДСТУ Б В.2.7-170:2008В.2.7-170:2008В.2.7-170:2008В.2.7-170:2008В.2.7-170:2008В.2.7-170:2008В.2.7-170:2008В.2.7-170:2008В.2.7-170:2008 Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення середньої густини, вологості, водопоглинання, пористості і водонепроникності

ДСТУ Б В.2.7-188:2009 Будівельні матеріали. Цементи. Методи визначення тонкості помелу

ДСТУ Б В. 2.7-202:2009 Будівельні матеріали. Цементи та матеріали цементного виробництва. Методи хімічного аналізу

ДСТУ Б В.2.7-214:2009 Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення міцності за контрольними зразками

ДСТУ Б В.2.7-217:2009 Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення призмової міцності, модуля пружності і коефіцієнта Пуассона

ДСТУ 2093-92 (ГОСТ 10587-93) Смоли епоксидно-діанові неотверджені. Технічні умови

ДСТУ 4153-2003 Парафіни нафтові тверді. Технічні умови

ГОСТ 12.1.003-83 Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности (Система стандартів безпеки праці. Шум. Загальні вимоги безпеки)

ГОСТ 12.1.004-91 Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования (Система стандартів безпеки праці. Пожежна безпека. Загальні вимоги)

ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (Система стандартів безпеки праці. Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони)

ГОСТ 12.4.011-89 Система стандартов безопасности труда. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация (Система стандартів безпеки праці. Засоби захисту працюючих. Загальні вимоги та класифікація)

ГОСТ 5632-72 Стали высоколегированные и сплавы коррозионностойкие, жаростойкие и жаропрочные. Марки (Стали високолеговані та сплави корозієстійкі, жаростійкі і жароміцні. Марки)

ГОСТ 8728-88 Пластификаторы. Технические условия (Пластифікатори. Технічні умови)

ГОСТ 8735-88 Песок для строительных работ. Методы испытаний (Пісок для будівельних робіт. Методи випробувань)

ГОСТ 9758-86 Заполнители пористые неорганические для строительных работ. Методы испытаний (Заповнювачі пористі неорганічні для будівельних робіт. Методи випробувань)

ГОСТ 10354-82 Пленка полиэтиленовая. Технические условия (Плівка поліетиленова. Технічні умови)

ГОСТ 27574-87 Костюмы женские для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий. Технические условия (Костюми жіночі для захисту від загальних виробничих забруднень та механічних впливів. Технічні умови)

ГОСТ 27575-87 Костюмы мужские для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий. Технические условия (Костюми чоловічі для захисту від загальних виробничих забруднень та механічних впливів. Технічні умови)

ДСН 3.3.6.037-99 Державні санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку

ДСН 3.3.6.039-99 Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації

ДСН 3.3.6.042-99 Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.

3 ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ПОНЯТЬ

3.1 лінійна відносна деформація усадки ε_{cs}

Відносне зменшення лінійних розмірів ненавантаженого зразка в часі, викликане гідратацією цементу, зменшенням вологості цементного каменю і його карбонізацією

3.2 лінійна відносна температурна деформація усадки $\varepsilon_{cs}(T)$

Відносне зменшення лінійних розмірів ненавантаженого зразка, викликане випаром з нього води при нагріванні

3.3 лінійна відносна деформація температурного розширення ε_{cT}

Відносне збільшення розмірів зразка, викликане температурним розширенням бетону при нагріванні

3.4 лінійна відносна температурна деформація $\varepsilon_{cs, T}$

Відносна зміна лінійних розмірів зразка, викликана спільною дією температури і усадкою бетону

3.5 лінійна відносна деформація повзучості ε_{cc}

Відносне зменшення лінійних розмірів навантаженого зразка в часі, викликане дією постійного зовнішнього навантаження за виключенням деформацій усадки.

4 ВИГОТОВЛЕННЯ ЗРАЗКІВ

4.1 Визначати деформації усадки та повзучості слід на зразках-призмах розмірами 70 мм x 70 мм x 280 мм, 100 мм x 100 мм x 400 мм, 150 мм x 150 мм x 600 мм, 200 мм x 200 мм x 800 мм, не гідроізольованих від вологообміну з навколишнім середовищем. За базовий зразок слід приймати призму розмірами 150 мм x 150 мм x 600 мм.

Для визначення деформацій усадки ніздрюватого бетону допускається застосовувати призми розмірами 40 мм x 40 мм x 160 мм.

4.2 Розміри зразків для визначення деформацій усадки та повзучості вибирають залежно від найбільшої крупності заповнювача в пробі бетонної суміші відповідно до вимог ДСТУ Б В.2.7-214.

4.3 Зразки виготовляють окремими серіями.

Визначають деформації повзучості одночасно з визначенням деформацій усадки, при цьому перед випробуваннями визначають міцність бетону на стиск згідно з ДСТУ Б В.2.7-214 і призмову міцність згідно з ДСТУ Б В.2.7-217.

Кожна серія повинна складатися з дев'яти зразків призм, з яких три призначають для визначення призмової міцності, три - для визначення деформацій усадки і три - для визначення деформацій повзучості, а також трьох зразків-кубів з довжиною ребра, що дорівнює розміру робочого перерізу призми.

4.4 Виготовлення і зберігання зразків до розпалублення повинні відповідати вимогам ДСТУ Б В.2.7-214.

4.5 Після розпалублення і до початку випробувань всі зразки однієї серії (включаючи зразки-куби) повинні зберігатися в однакових, як правило, нормальних температурно-вологісних умовах відповідно до ДСТУ Б В.2.7-214.

При визначенні тільки усадки бетону зразки до початку випробувань повинні зберігатися у вологих умовах, що виключають можливість випаровування вологи з бетону.

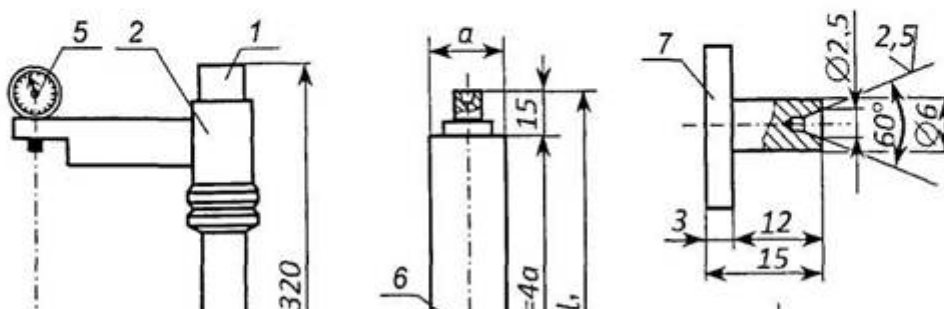
4.6 Зразки з ніздрюватого бетону, виготовлені відповідно до вимог ДСТУ Б В.2.7-214, перед випробуванням на усадку та повзучість повинні бути занурені у воду і зберігатися в ній протягом трьох діб у горизонтальному положенні.

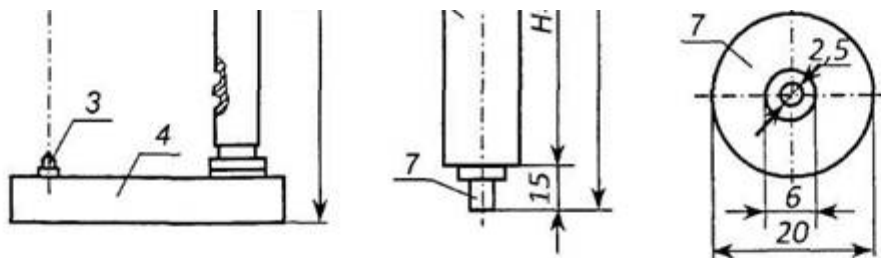
4.7 Число зразків у серії та умови їх зберігання при визначенні деформацій температурної усадки і повзучості при нагріванні приймають згідно з додатком А.

ДСТУ Б В.2.7-216:2009

5 ВИПРОБУВАЛЬНЕ ОБЛАДНАННЯ, ПРИЛАДИ ТА МАТЕРІАЛИ

5.1 Для визначення деформацій усадки застосовують пристрої, схеми яких показані на рисунках 1 і 2. Пристрій, схема якого наведена на рисунку 1, призначено для виміру деформацій усадки зразків з поперечним перерізом розмірами 40 мм x 40 мм.

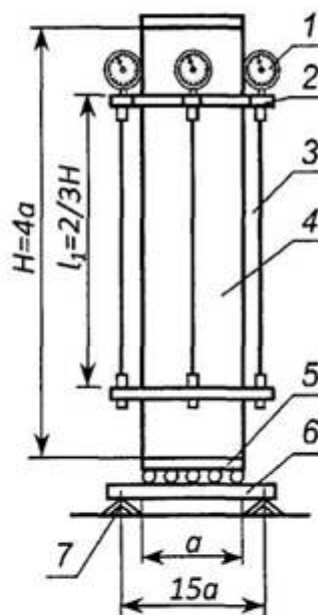




1 – стояк; 2 – кронштейн; 3 – конусоподібний виступ; 4 – нижня опора; 5 – індикатор; 6 – зразок; 7 – репер;
 a – розмір сторони поперечного перерізу зразка; H – висота зразка; l_1 – база вимірів

Рисунок 1 – Схема пристрою для визначення деформацій усадки зразків з розмірами поперечного перерізу 40 мм × 40 мм

Пристрій, схема якого наведена на рисунку 2, призначено для вимірювання деформацій усадки зразків із перерізом розмірами більше 40 мм × 40 мм і складається з покладеної на опори 7 плоскої звареної сітки 6, виготовленої із гладких арматурних стрижнів із чарунками розміром не більше 20 мм.



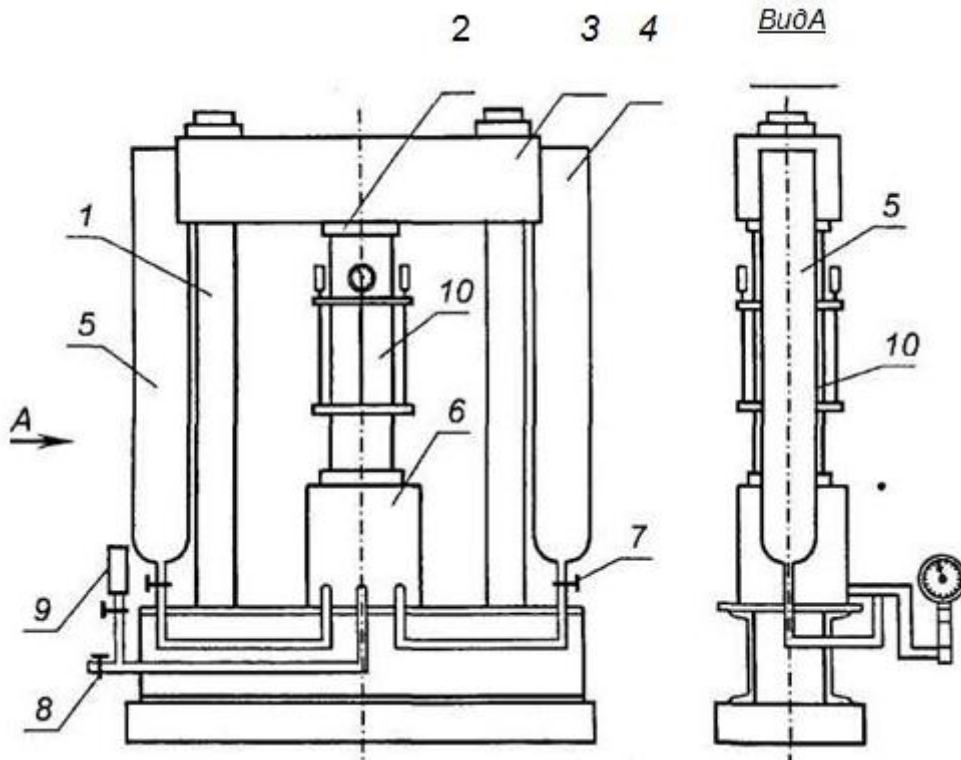
1 – індикатор годинникового типу; 2 – рамка для кріплення індикаторів; 3 – рухома штанга; 4 – зразок;
 5 – металеві пластинки по торцях зразка; 6 – плоска зварена сітка; 7 – опора

Рисунок 2 – Схема пристрою для визначення деформацій усадки зразків з розмірами поперечного перерізу більше 40 мм × 40 мм

4

5.2 Для визначення деформацій повзучості застосовують пневмогідравлічні, пружинно-гідравлічні або пружинні випробувальні пристрої, а також важільні, наведені в додатку А.

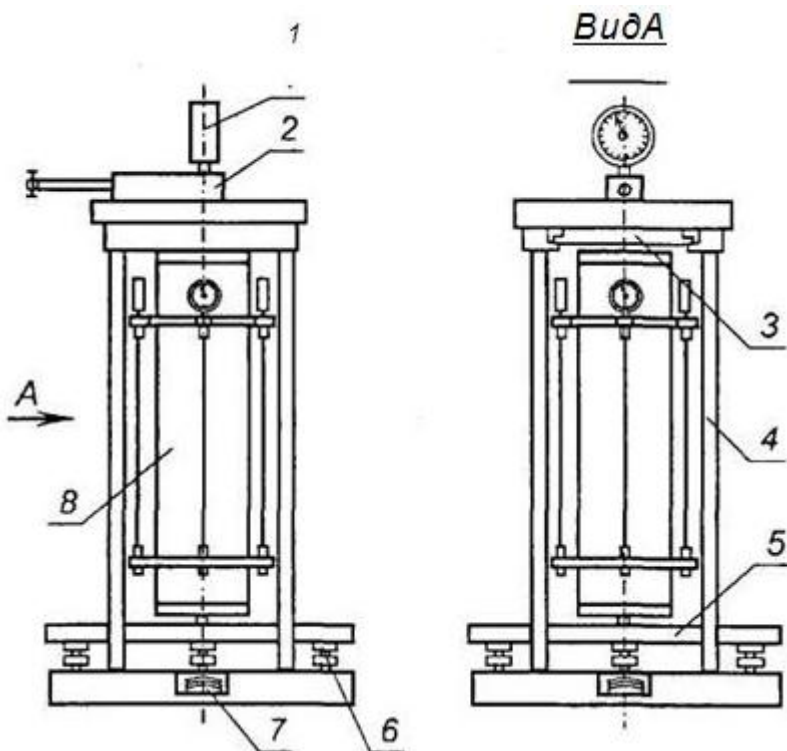
Пневмогідравлічний пристрій, схема якого наведена на рисунку 3, включає наступні основні вузли: плоску раму, гідроциліндр з манометром і два балони з інертним газом, у яких створюють надлишковий і розрахунковий тиск.



1 - стояк; 2 - верхня опорна плита; 3 - траверса; 4 - балон з інертним газом (з надлишковим тиском щодо розрахункового); 5 - балон з інертним газом при розрахунковому тиску; 6 - гідравлічний домкрат із шарнірною опорною плитою; 7 - вентиль балона; 8 - вхідний вентиль; 9 - манометр зразковий; 10 - зразок

Рисунок 3 - Схема пневмогідравлічного пристрою для визначення деформацій повзучості

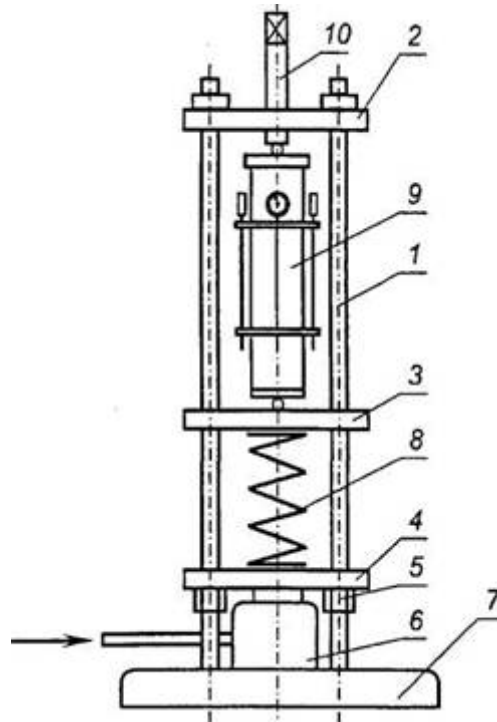
Пружинно-гідравлічний випробувальний пристрій, схема якого наведена на рисунку 4, складається із просторової рами, що оснащена у верхній її частині гідравлічним мембранним домкратом 2, а в нижній частині - пакетом тарілчастих пружин 7 і регулювальними гвинтами 6. Контроль переданого на зразок зусилля здійснюється за допомогою зразкового манометра 1 гідравлічного домкрата 2.



Пружинний випробувальний пристрій, схема якого наведена на рисунку 5, складається зі стояків 1, верхньої траверси 2 і постаменту 7, що утворюють тверду замкнуту раму, усередині якої розміщені випробовуваний зразок 9, спіральні пружини 8 і встановлено переносний гідравлічний домкрат 6. Середня 3 і нижня 4 рухливі траверси слугують для передачі зусилля, настановний гвинт 10 фіксує зразок до початку його навантаження. За допомогою

домкрата 6 створюють стиск попередньо відтарованої спіральної пружини і задане зусилля в зразку, після чого положення нижньої траверси фіксують гайками 5, а домкрат 6 звільняють і переносять на наступну установку.

Необхідна величина зусилля, переданого на зразок, забезпечується вибором кількості пружин 8 і гідравлічного домкрата відповідної потужності.



1 - стояки; 2 - верхня траверса; 3 - середня траверса; 4 - нижня траверса; 5 - гайки; 6 - гідравлічний домкрат; 7 - постамент; 8 - спіральна пружина; 9 - бетонний зразок; 10 - настановний гвинт

Рисунок 5 - Схема пружинного пристрою для визначення деформацій повзучості

5.3 Устаткування для нагрівання зразків при визначенні деформацій температурної усадки та повзучості при нагріванні приймають відповідно до ДСТУ Б В.2.7-217.

5.4 Для вимірювання деформацій слід використовувати вимірювальні прилади й пристосування для їх кріплення, що застосовуються для визначення призмової міцності, модуля пружності і коефіцієнта Пуассона згідно з ДСТУ Б В.2.7-217.

5.5 При визначенні деформацій повзучості, стискальне зусилля на зразок слід передавати через металеві прокладки завтовшки від 35 мм до 37 мм, розміри яких у плані дорівнюють розміру поперечного перерізу зразка. Твердість прокладок і шорсткість їх робочих поверхонь повинні задовольняти вимоги ДСТУ Б В.2.7-214.

5.6 Для визначення лінійних розмірів, маси зразків і щільності бетону слід застосовувати засоби вимірювання і устаткування згідно з ДСТУ Б В.2.7-214 і ДСТУ Б В.2.7-170, для визначення вологості бетону - ДСТУ Б В.2.7-170.

5.7 Для насичення зразків водою або нафтопродуктами слід використовувати устаткування згідно з ДСТУ Б В.2.7-217.

5.8 Для вимірювання температури і визначення вологості навколишнього середовища в про цесі випробувань слід застосовувати термометри, що випускаються серійно (термографи) і психрометри (гігрографи).

5.9 Для гідроізоляції зразків рекомендується використовувати поліетиленову плівку з липким шаром згідно з ГОСТ 10354 і парафін згідно з ДСТУ 4153.

Допускається застосування інших гідроізоляційних матеріалів, що надійно виключають масообмін між зразком і навколишнім середовищем.

5.10 Для приклеювання реперів рекомендується застосовувати клеї, що швидко полімеризуються.

6 ПІДГОТОВКА ДО ПРОВЕДЕННЯ ВИПРОБУВАНЬ

6.1 Підготовку зразків до випробувань слід починати з їх зовнішнього огляду та визначення лінійних розмірів, допустимі відхилення яких від номінальних розмірів повинні задовольняти вимоги ДСТУ Б В.2.7-214.

6.2 Торцеві поверхні всіх зразків, призначених для визначення повзучості та усадки, повинні бути закриті металевими пластинами завтовшки від 4 мм до 5 мм, що наклеюються за допомогою клеїв, які швидко полімеризуються.

До торцевих поверхонь зразків розмірами 40 ммх40 ммх160 мм, які піддаються випробуванню на усадку, приклеюють репери у відповідності зі схемою, показаною на рисунку 1.

Репери виготовляють із інвару. Діаметр основи репера повинен бути не більше 20 мм, а висота не більше 15 мм.

Поверхня репера, що приклеюється, знежирюється органічним розчинником. Репери нагрівають до температури від 50 °C до 60 °C і притискають до зразка в центрі торцевої грані, на яку попередньо наносять 2-3 краплі клею.

6.3 На бічних поверхнях зразків розмічають базу виміру поздовжніх деформацій, установлюють кріпильні пристосування і вимірювальні прилади відповідно до вимог ДСТУ Б В.2.7-217.

6.4 Насичення (просочення) зразків водою або нафтопродуктами слід робити згідно з ДСТУ Б В.2.7-217.

6.5 Для запобігання випаровуванню вологи або летких фракцій нафтопродуктів зі зразків, просочених водою або нафтопродуктами згідно з 6.4, їх бічну поверхню вимірювання гідроізольовують внапусток двома шарами поліетиленової плівки з липким шаром із наступним нанесенням на неї розплавленого парафіну шаром 2-3 мм. Гідроізоляцію торцевих поверхонь зразків виконують згідно з 6.2.

6.6 Підготовку зразків для визначення деформацій температурної усадки та деформацій повзучості при нагріванні слід робити відповідно до вимог ДСТУ Б В.2.7-217.

6.7 Не більше ніж за добу до випробування зразків на повзучість слід визначити середню густину бетону цих зразків, а також вологість бетону згідно з ДСТУ Б В.2.7-170 на зразках, попередньо випробуваних при визначенні призової міцності.

6.8 Результати вимірів згідно з 6.1 і 6.7 заносять у титульний аркуш журналу випробувань при визначенні деформацій усадки та повзучості за формою, наведеною в додатку Б.

7 ПРОВЕДЕННЯ ВИПРОБУВАНЬ

7.1 Випробування для визначення деформацій усадки та повзучості слід проводити в приміщенні або в кліматичній камері, в яких постійно підтримується температура (20 ± 2) °C і відносна вологість повітря (60 ± 5) %. Потрапляння прямих сонячних променів на зразки не допускається.

7.2 Вимірювання деформацій усадки слід починати не пізніше ніж за 4 год після розпалублення зразків, а зразків з ніздрюватого бетону - після насичення водою згідно з 4.6.

Для вимірювання деформацій усадки підготовлений зразок слід встановити в пристрій для випробування та зняти початкові відліки за показаннями приладів.

Відлік показників рекомендується робити через добу, потім на 3, 7, 14 добу і далі раз за 2 тижні до кінця випробувань.

Одночасно з вимірюванням деформацій усадки рекомендується визначати втрати вологи шляхом періодичного зважування зразків.

7.3 При визначенні тільки деформацій усадки тривалість випробування повинна бути не менше 120 діб, однак, якщо три послідовних вимірювання показують збільшення деформацій, що не перевищує похибку вимірювальних приладів, випробування можуть бути припинені до цього строку, про що робиться відповідний запис у журналі випробувань.

7.4 Навантаження зразків і вимірювання деформацій повзучості слід здійснювати, як правило, при досягненні бетоном проектного класу за міцністю на стиск.

Напруження в зразку від зовнішнього навантаження повинне становити $0,3 \pm 0,005$ від призмової міцності бетону, встановленої перед початком випробувань (4.3).

Перевірку роботи приладів і навантаження зразка до зазначеного рівня напружень слід проводити відповідно до вимог ДСТУ Б В.2.7-217.

7.5 Відлік показань приладів на навантажених зразках для визначення деформацій повзучості слід робити безпосередньо після навантаження (початковий відлік) і потім через 1 год. Наступне зняття відліків рекомендується робити через добу, на 3, 7, 14 добу, наступних 6 тижнів - щотижня, потім 10 тижнів - один раз за 2 тижні і далі до кінця випробувань один раз за 4 тижні.

Одночасно з визначенням деформацій повзучості слід визначати деформації усадки на ненавантажених зразках з тією ж періодичністю і тривалістю. При цьому початковий відлік деформацій усадки слід робити безпосередньо після навантаження зразків на повзучість.

Тривалість випробувань при визначенні деформацій повзучості повинна бути не менше 180 діб, а деформацій повзучості при нагріванні і температурній усадці - не менше 60 діб.

7.6 Методи визначення деформацій температурної усадки та повзучості при нагріванні наведені в додатку А.

8 ОФОРМЛЕННЯ ТА ОБРОБКА РЕЗУЛЬТАТІВ ВИПРОБУВАНЬ

8.1 Результати вимірювання повинні бути занесені в журнал, титульний аркуш і форма якого наведені в додатках Б і В.

8.2 За результатами випробувань обчислюють середні значення абсолютних деформацій $\Delta l_1(f)$

у мм для кожного завантаженого і незавантаженого зразка як середнє арифметичне збільшення (стосовно початкового відліку) показань приладів по чотирьох гранях відповідного зразка.

За середніми абсолютними значеннями деформацій обчислюють відносні величини деформацій $\varepsilon_1(t)$ за формулою

$$\varepsilon_1(t) = \frac{\Delta l_1(t)}{l_1}, \quad (1)$$

де l_1 – база вимірювання деформацій, мм.

8.3 Відносні деформації ненавантажених зразків приймають як деформації усадки ε_{cs} .

8.4 Відносні деформації повзучості кожного зразка ε_{cs} обчислюють за формулою

$$\varepsilon_{cc} = \varepsilon_1 - \varepsilon_{1el} + \varepsilon_1(t) - \varepsilon_{cs}, \quad (2)$$

де ε_1 і ε_{1el} – середні значення повних і пружних деформацій, визначених при східчастому навантаженні відповідно до ДСТУ Б В.2.7-217;

$\varepsilon_1(t)$ – середнє значення відносної деформації навантаженого зразка обчислюють за 8.2;

ε_{cs} – середнє значення відносної деформації усадки згідно з 8.3.

8.5 За результатами визначення відносних величин деформацій усадки та повзучості окремих зразків визначають середні значення відносних деформацій усадки або повзучості для серії зразків за формулою

$$\bar{\varepsilon}_i(t) = \frac{\sum_{j=1}^n \varepsilon_{ij}(t)}{n}, \quad (3)$$

де $\varepsilon_{ij}(t)$ – середнє значення відносних деформацій усадки або повзучості для кожного зразка даної серії;

n – число зразків у серії.

8.6 За середнім значенням відносних деформацій усадки та повзучості, обчисленим за формулою (3), слід побудувати діаграми в координатах "відносні деформації усадки (або повзучості) – тривалість (час) випробувань, діб" і прикласти їх до журналу випробувань, а також визначити граничні (умовно граничні) значення цих деформацій.

8.7 Граничне значення деформацій усадки $\varepsilon_{cs}(\infty)$ або повзучості $\varepsilon_{cc}(\infty)$ визначають побудовою діаграми. Для цього обчислюють значення приростів за формулами

$$\frac{\Delta t}{\varepsilon_{cs}}; \quad (4)$$

$$\frac{\Delta t}{\varepsilon_{cc}}; \quad (5)$$

де Δt – тривалість проведення випробувань із моменту його початку (зняття початкового відліку), діб;

$\varepsilon_{cs}, \varepsilon_{cc}$ – відповідні цій тривалості відносні значення деформацій усадки або повзучості відповідно до 8.3 і 8.4.

На діаграмі по осі ординат відкладають значення, обчислені за формулами (4) і (5), а по осі абсцис значення Δt , починаючи з моменту часу Δt , який дорівнює 30 діб для усадки та 50 діб для повзучості. По отриманих точках графічно або аналітично будують пряму регресії, котангенс кута якої приймають за граничне значення деформацій усадки $\varepsilon_{cs}(\infty)$ або повзучості $\varepsilon_{cc}(\infty)$, а відрізок, що відтинається цією прямою на продовженні осі абсцис, за параметр швидкості наростання деформацій α_s або α_c .

Методика визначення параметрів $\varepsilon_{cc}(\infty)$ і α_c наведена в додатку Г.

Параметри $\varepsilon_{cs}(\infty)$ і α_s визначають аналогічним способом.

8.8 Отримані згідно з 8.7 числові параметри деформацій використовують за необхідності для обчислення відносних деформацій усадки та повзучості для строків, що перевищують загальну тривалість випробувань. Для цього використовують формули

$$\varepsilon_{cs} = \varepsilon_{cs}(\infty) \frac{\Delta t}{\alpha_s + \Delta t}; \quad (6)$$

$$\varepsilon_{cc} = \varepsilon_{cc}(\infty) \frac{\Delta t}{\alpha_c + \Delta t}. \quad (7)$$

8.9 При проведенні випробувань на зразках, відмінних від базових згідно з 4.1, граничні значення деформацій усадки та повзучості відповідно до 8.7 слід множити на коефіцієнти K_1 і K_2 , наведені в таблиці 1.

Коефіцієнти, зазначені в таблиці 1, застосовуються для важких і дрібнозернистих бетонів, а також бетонів на пористих заповнювачах, приготовлених на цементних в'язучих.

Значення перехідних коефіцієнтів для ніздрюватих і силікатних бетонів повинні бути встановлені експериментально.

Таблиця 1

Розмір ребра поперечного перерізу зразка, см	Перехідні коефіцієнти при визначенні	
	усадки K_1	повзучості K_2
7	0,90	0,83
10	0,95	0,90
15	1,0	1,0
20	1,05	1,10

8.10 Методи обчислення деформацій температурної усадки та деформацій повзучості при нагріванні наведені в додатку А.

8.11 Допускається визначення деформації повзучості бетонів прискореним методом, наведеним у додатку Д.

9 ВИМОГИ БЕЗПЕКИ

9.1 При проведенні випробувань необхідно вживати заходів щодо безпеки праці відповідно до ДБН А.3.2-2.

9.2 Санітарно-гігієнічні показники повітря повинні відповідати ГОСТ 12.1.005.

9.3 Визначення концентрації шкідливих речовин у повітрі робочої зони і контроль за їх вмістом повинні здійснюватись згідно з ГОСТ 12.1.005.

9.4 Приміщення для випробувань та параметри виробничого середовища повинні відповідати вимогам державних санітарних норм і норм пожежної безпеки ДСН 3.3.6.037, ДСН 3.3.6.039, ДСН 3.3.6.042, ГОСТ 12.1.003, ГОСТ 12.1.004, ДСТУ Б А.3.2-12, ДБН В.1.1-7.

9.5 Персонал має бути забезпечений засобами індивідуального захисту згідно з ГОСТ 12.4.011, ГОСТ 27574, ГОСТ 27575.

ДОДАТОК А

(обов'язковий)

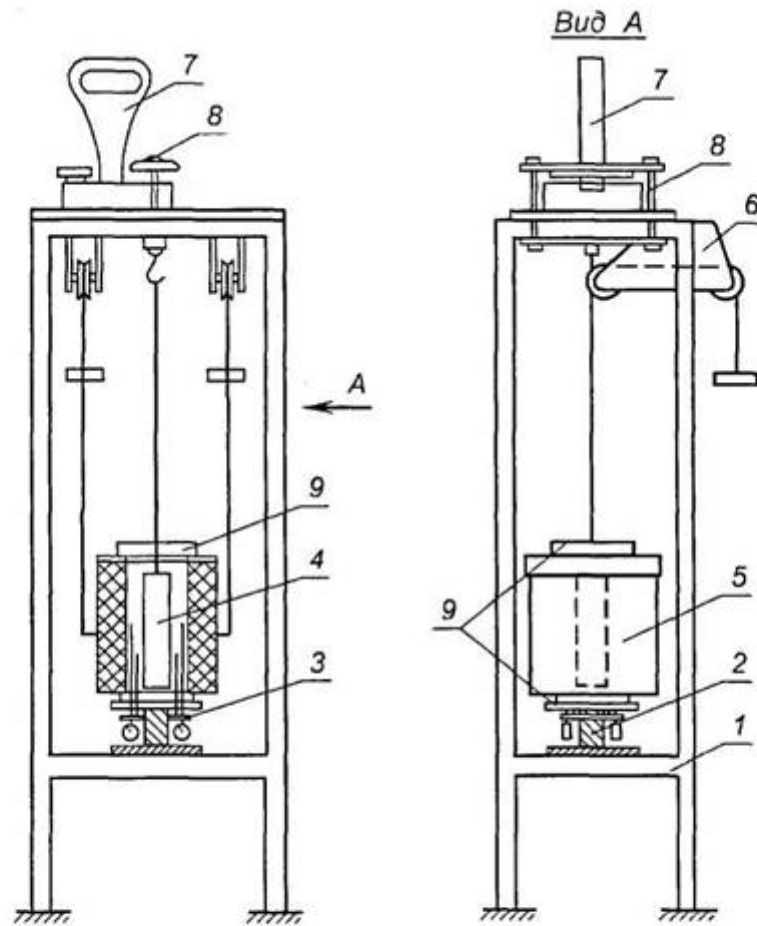
МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ДЕФОРМАЦІЙ ТЕМПЕРАТУРНОЇ УСАДКИ ТА ПОВЗУЧОСТІ БЕТОНУ ПРИ НАГРІВАННІ

А.1 При визначенні деформацій температурної усадки бетону для кожної температури нагрівання серія повинна складатися із шести зразків, з яких три зразки піддають короткочасному нагріванню і три зразки -тривалому нагріванню.

При визначенні деформацій повзучості бетону для кожної температури нагрівання серія повинна складатися з дев'яти зразків, з яких три зразки навантажують перед нагріванням або після нагрівання залежно від умов випробувань, три зразки піддають тривалому нагріванню без навантаження і на трьох зразках визначають призмову міцність за температури нагрівання.

А.2 При проведенні випробувань застосовують:

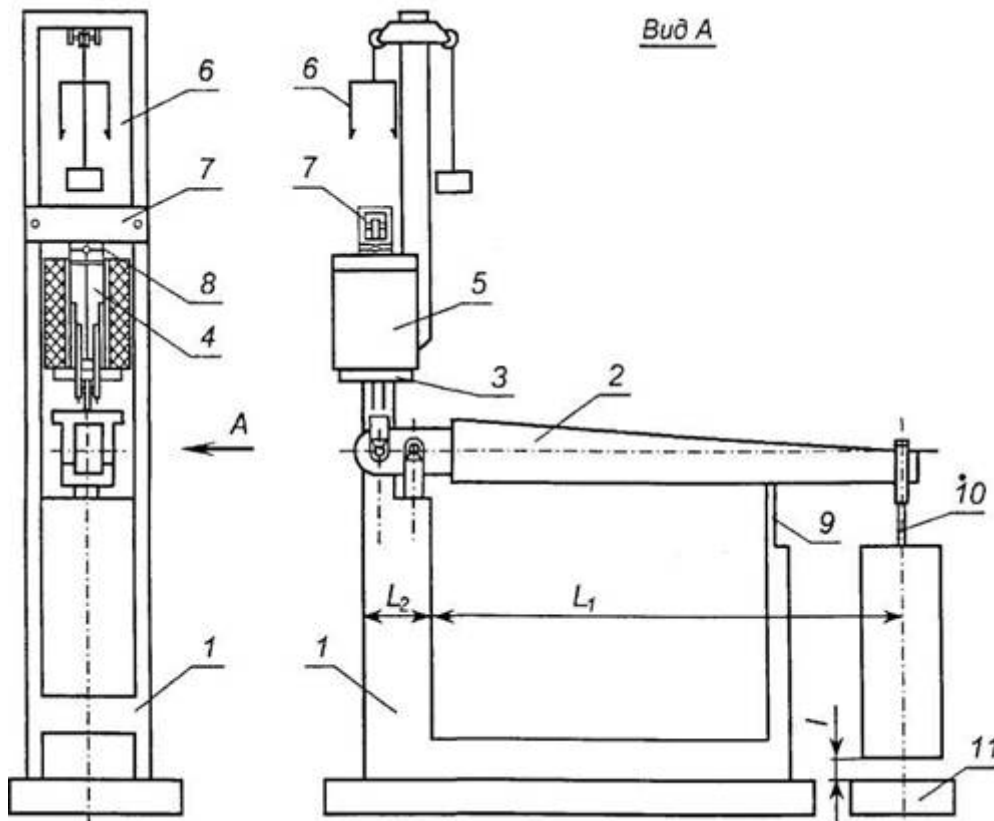
- для визначення деформацій температурної усадки - випробувальний пристрій, схема якого наведена на рисунку А.1;



1 – металева рама; 2 – опорний столик; 3 – виносні штанги; 4 зразок; 5 – нагрівальний пристрій; 6 – система блоків для підйому нагрівального пристрою; 7 – ваги; 8 – пристосування для підйому й зважування зразка; 9 – теплоізоляція

Рисунок А.1 – Схема випробувального пристрою для визначення деформацій температурної усадки

- для визначення деформацій повзучості при дії підвищених і високих температур випробувальний пристрій, принципова схема якого наведена на рисунку А.2;



1 - металева рама; 2 - нерівноплечовий важіль; 3 - опорний столик; 4 - зразок; 5 - нагрівальний пристрій; 6 - пристосування для підйому нагрівального пристрою; 7 - силова балка; 8 металеві оголовки; 9 - страхувальний стояк; 10 - підвіска з вантажами; 11 страхувальна опора

Рисунок А.2 - Схема важільного пристрою для визначення деформацій повзучості при нагріванні

- ваги циферблатні типу РН-10Ц 13У згідно з чинними нормативними документами, нагрівальний пристрій, а також засоби вимірювання деформацій і температур - згідно з ДСТУ Б В.2.7-217.

А.3 Пристрій для випробування бетону на температурну усадку при нагріванні повинен забезпечувати нагрівання зразка до необхідної температури, вимір температури, деформацій бетону і маси зразка в нагрітому стані.

При випробуванні бетону на температурну усадку у верхньому торці зразка просвердлюють два отвори на глибину від 10 мм до 15 мм для установки болтів, за які підвішують зразок.

А.4 Випробувальний пристрій для визначення повзучості при нагріванні повинен забезпечувати навантаження і нагрівання зразка до необхідної температури, вимір температури і деформацій бетону в нагрітому стані.

Основним робочим органом важільного випробувального пристрою (рисунок А.2) є нерівно-плечовий важіль 2, що має такий обрис, за якого опора реверсивного пристрою, проміжна опора і опора вантажної підвіски розташовувалися на одній прямій лінії. Всі зазначені опори повинні бути шарнірними.

Конструкція важеля повинна мати підвищену жорсткість і забезпечувати незмінність співвідношення його плечей при максимальному навантаженні на вантажній підвісці. Співвідношення плечей важеля L_2/L_1 рекомендується приймати в межах від 1/10 до 1/15. Довжина короткого плеча- важеля L_2 не повинна перевищувати 25 см.

Важільний пристрій повинен забезпечувати можливість контролю навантаження, що діє на зразок.

Зусилля від маси важеля в неробочому положенні випробувального пристрою повинне сприйматися телескопічним страхувальним стояком 9. Відстань між низом вантажної підвіски 10 і страхувальною опорою 11 не повинна перевищувати 4 см.

А.5 Виносні подовжувачі повинні строго фіксувати базу вимірювання деформацій і забезпечувати вимірювання деформацій бетону в нагрітому стані з найменшою температурною зміною їх довжини. Для цих цілей подовжувачі виготовляють зі штапиків кварцевого скла діаметром від 5 мм до 10 мм.

При нагріванні до 200 °С допускається виготовляти подовжувачі з залізонікелевого сплаву Н-36 згідно з ГОСТ 5632 діаметром від 4 мм до 6 мм.

А.6 Підготовку зразків для вимірювання деформацій усадки та повзучості при нагріванні здійснюють згідно з ДСТУ Б В.2.7-217.

А.7 На кожному подовжувачі встановлюють термопару.

А.8 Нагрівають зразок у віці 28 діб, якщо завданням на випробування не встановлений інший строк.

Швидкість підйому температури в нагрівальному пристрої повинна відповідати зазначеній в ДСТУ Б В.2.7-214.

А.9 Для визначення температурної усадки бетону при короткочасному нагріванні зразок витримують за необхідної температури 1 год і потім охолоджують його разом з піччю до температури повітря у приміщенні. Після цього зразок у такий же спосіб нагрівають другий і третій раз.

Для визначення температурної усадки бетону при тривалому нагріванні зразок витримують за необхідної температури не менше 20 діб. Потім зразок охолоджують разом з піччю до температури приміщення, піддають його короткочасному нагріванню другий і третій раз.

А.10 Визначення деформацій повзучості залежно від завдання на випробування роблять для двох умов роботи конструкції.

Перша умова роботи - зразок спочатку навантажують до заданого рівня напруження і потім нагрівають до необхідної температури;

Друга умова роботи - зразок спочатку нагрівають до необхідної температури і потім навантажують до заданого рівня напружень.

А.11 При визначенні деформацій повзучості бетону за першою умовою роботи збільшення відносної поздовжньої деформації повзучості, що натікає після витримки на останньому рівні навантаження за час підйому температури до необхідної величини, приймають за відносну поздовжню деформацію швидко натікаючої повзучості для необхідної температури, а модуль пружності бетону за необхідної температури нагрівання визначають відповідно до ДСТУ Б В.2.7-217.

А.12 При визначенні деформацій повзучості бетону за другою умовою роботи деформації швидко натікаючої повзучості і модуль пружності бетону визначають відповідно до ДСТУ Б В.2.7-217.

А.13 Для визначення деформацій повзучості бетону зразок витримують за необхідної температури не менше 60 діб, поки деформації не припиняться або будуть розвиватися з постійною швидкістю.

А.14 Вимірювання температури, деформацій і вологості бетону роблять:

- при підйомі температури - щогодини;
- при нагріванні перші 5 діб - щодоби;
- при нагріванні протягом останніх 15 діб - через добу;
- при більш тривалому нагріванні - щотижня;
- при остиганні - щогодини.

ДСТУ Б В.2.7-216:2009

A.15 Відносну деформацію повзучості бетону при нагріванні обчислюють за формулою

$$\varepsilon_{cc,T} = \varepsilon_1(t) - \varepsilon_{1el} \pm \varepsilon_{1T}, \quad (\text{A.1})$$

де $\varepsilon_1(t)$ – повна відносна деформація, вимірювана при ступінчастому і тривалому навантаженні і нагріванні при увімкненій електропечі;

ε_{1el} – відносна пружна деформація, вимірювана при ступінчастому навантаженні до заданого рівня напружень і обчислена відповідно до ДСТУ Б В.2.7-217;

ε_{1T} – вимірювана відносна деформація при увімкненій електропечі ненавантаженого зразка-близнюка при нагріванні за режимом, прийнятим для визначення $\varepsilon_1(t)$.

Деформації $\varepsilon_1(t)$ і ε_{1T} у формулі (A.1) повинні прийматися для однієї і тієї ж середньої температури бетону, що отримана за показниками термодатчиків, встановлених у центрі зразка і на його поверхнях.

A.16 Відносну температурну деформацію бетону $\varepsilon_{c(T)}$ обчислюють за формулою

$$\varepsilon_{c(T)} = \varepsilon_{1T} - \varepsilon_{\theta}, \quad (\text{A.2})$$

де ε_{θ} – відносна температурна деформація виносних подовжувачів при нагріванні від початкової температури t_1 до необхідної температури t_2 , що обчислюється за формулою

$$\varepsilon_{\theta} = \alpha_{\theta 2} t_2 - \alpha_{\theta 1} t_1, \quad (\text{A.3})$$

де $\alpha_{\theta 1}$, $\alpha_{\theta 2}$ – коефіцієнти лінійного температурного розширення подовжувачів відповідно при початковій температурі t_1 і необхідній температурі t_2 ; температуру t_2 для подовжувачів із кварцового скла приймають такою, що дорівнює температурі робочого простору печі і для інвару – температурі подовжувачів.

Коефіцієнт лінійного температурного розширення для кварцового скла приймають $0,48 \cdot 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ за температури нагрівання до $1000 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Коефіцієнти лінійного температурного розширення залізонікелевого сплаву Н-36 приймають: при $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ – $1,2 \cdot 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$; при $100 \text{ }^{\circ}\text{C}$ – $1,9 \cdot 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ і при $200 \text{ }^{\circ}\text{C}$ – $5 \cdot 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$. Для проміжних температур значення коефіцієнта лінійного температурного розширення інвару приймають за інтерполяцією.

A.17 Результати визначення деформацій температурної усадки при короткочасному або тривалому нагріванні оформляють у вигляді діаграми, на якій по осі абсцис відкладають температуру, а по осі ординат – величину температурної деформації при першому, другому і третьому нагріванні та охолодженні. При першому нагріванні обчислюють температурну деформацію бетону $\varepsilon_{c(T)}$, при другому і третьому нагріванні – деформацію температурного розширення бетону ε_{cT} . Різниця деформацій температурного розширення ε_{cT} і температурної деформації $\varepsilon_{c(T)}$ є деформацією температурної усадки $\varepsilon_{cs(T)}$ при короткочасному або тривалому нагріванні.

A.18 Результати визначення повзучості бетону при нагріванні оформляють згідно з 8.1 цього стандарту для кожної необхідної температури нагрівання.

ДОДАТОК Б
(обов'язковий)

**ТИТУЛЬНИЙ АРКУШ ЖУРНАЛУ ВИПРОБУВАНЬ ПРИ ВИЗНАЧЕННІ ДЕФОРМАЦІЙ
УСАДКИ ТА ПОВЗУЧОСТІ**

Вид випробувань _____
 Характеристика випробувального пристрою _____
 Ціна поділки вимірювального пристрою _____ мм
 Умови послідовності дії температури і навантаження _____
 Температура нагрівання _____ °C

Характеристика зразка і бетону

Шифр зразка _____
 Розміри зразка _____ мм
 База вимірювання деформацій _____ мм
 Дата початку випробувань _____
 Вік бетону до початку випробувань _____ дів
 Маса зразка:
 до початку випробувань _____ кг
 до кінця випробувань _____ кг
 Маса висушеного зразка _____ кг
 Середня густина бетону _____ кг/м³
 Міцність бетону:
 кубикова _____ МПа
 призмova _____ МПа
 Напруження в перерізі зразка _____ МПа
 Пружні деформації до моменту закінчення навантаження
 _____ 10⁵ _____

Характеристика бетонної суміші

Склад бетонної суміші за масою _____
 Вид добавки і її кількість _____
 Рухливість (жорсткість) бетонної суміші згідно з ДСТУ Б В.2.7-114 (ГОСТ 10181) _____ см (с)
 Коефіцієнт ущільнення бетонної суміші _____ %
 Повітровміст бетонної суміші за об'ємом _____ %

Характеристика в'язучого

Вид і марка цементу згідно з ДСТУ Б В.2.7-46 _____
 Тонкість помелу цементу згідно з ДСТУ Б В.2.7-188 _____
 Хіміко-мінералогічний склад цементу, що включає вміст лугів згідно з ДСТУ Б В.2.7-202 _____

Характеристика заповнювачів

Найменування і вид породи крупного заповнювача_____

Зерновий склад крупного заповнювача згідно з ДСТУ Б В.2.7-71 (ГОСТ 8269.0)_____

Модуль крупності піску згідно з ГОСТ 8735_____

Водопоглинання (для пористих заповнювачів) згідно з ГОСТ 9758._____

ДОДАТОК В
(обов'язковий)

ФОРМА ЖУРНАЛУ ВИПРОБУВАНЬ

Початок випробувань " " р.

Закінчення випробувань " " р.

температура в т, °С	Відносна вологість повітря, %												Відносна деформація повзучості в серії зразків $\varepsilon_{cc} \cdot 10^5$
	Показання приладів, приріст абсолютних і відносних деформацій												Середня відносна деформація в серії зразків $\varepsilon_{cs} \cdot 10^5$
	Пристрій № _____ Зразок № _____												Середня відносна деформація в серії зразків $\Delta \varepsilon_1(t) \cdot 10^5$
	Зразок № _____												Середній приріст відносних деформацій в серії зразків $\Delta \varepsilon_1 \cdot 10^5$
4	1		2		3		4		$\Delta \varepsilon_2, \text{ мм}$		$\Delta \varepsilon_1 \cdot 10^5$		39
	Відлік		Приріст		Відлік		Приріст		Відлік		Приріст		38
	Відлік		Відлік		Відлік		Відлік		Відлік		Відлік		37
5	6		7		8		9		10		11		36
	Відлік		Відлік		Відлік		Відлік		Відлік		Відлік		35
	Відлік		Відлік		Відлік		Відлік		Відлік		Відлік		34
6	12		13		14		15		16-25		36-35		33
	Відлік		Відлік		Відлік		Відлік		Відлік		Відлік		32
	Відлік		Відлік		Відлік		Відлік		Відлік		Відлік		31
7	16-25		36-35		36-35		36-35		36-35		36-35		30
	Відлік		Відлік		Відлік		Відлік		Відлік		Відлік		29
	Відлік		Відлік		Відлік		Відлік		Відлік		Відлік		28
8	36-35		36-35		36-35		36-35		36-35		36-35		27
	Відлік		Відлік		Відлік		Відлік		Відлік		Відлік		26
	Відлік		Відлік		Відлік		Відлік		Відлік		Відлік		25
9	36-35		36-35		36-35		36-35		36-35		36-35		24
	Відлік		Відлік		Відлік		Відлік		Відлік		Відлік		23
	Відлік		Відлік		Відлік		Відлік		Відлік		Відлік		22
10	36-35		36-35		36-35		36-35		36-35		36-35		21
	Відлік		Відлік		Відлік		Відлік		Відлік		Відлік		20
	Відлік		Відлік		Відлік		Відлік		Відлік		Відлік		19
11	36-35		36-35		36-35		36-35		36-35		36-35		18
	Відлік		Відлік		Відлік		Відлік		Відлік		Відлік		17
	Відлік		Відлік		Відлік		Відлік		Відлік		Відлік		16
12	36-35		36-35		36-35		36-35		36-35		36-35		15
	Відлік		Відлік		Відлік		Відлік		Відлік		Відлік		14
	Відлік		Відлік		Відлік		Відлік		Відлік		Відлік		13
13	36-35		36-35		36-35		36-35		36-35		36-35		12
	Відлік		Відлік		Відлік		Відлік		Відлік		Відлік		11
	Відлік		Відлік		Відлік		Відлік		Відлік		Відлік		10
14	36-35		36-35		36-35		36-35		36-35		36-35		9
	Відлік		Відлік		Відлік		Відлік		Відлік		Відлік		8
	Відлік		Відлік		Відлік		Відлік		Відлік		Відлік		7
15	36-35		36-35		36-35		36-35		36-35		36-35		6
	Відлік		Відлік		Відлік		Відлік		Відлік		Відлік		5
	Відлік		Відлік		Відлік		Відлік		Відлік		Відлік		4

ДСТУ Б В.2.7-216:2009

Виконавець _____

Форма журналу використовується при випробуваннях завантажених і незавантажених зразків. Графи 38 і 39 використовуються тільки для зразків, випробовуваних за аналогією із графами 6-15.

Серія № _____	Температура повітря	сухий термометр	3
	Тривалість випробувань, діб	2	
	Дата зняття відліку, год. хв	1	

Керівник _____

Примітка 1. Наведено для завантажених зразків

Примітка 2. Графік

17

ДСТУ Б В.2.7-216:2009

ДОДАТОК Г (довідковий)

ПРИКЛАД ОБРОБКИ РЕЗУЛЬТАТІВ ВИПРОБУВАНЬ І ВИЗНАЧЕННЯ ГРАНИЧНИХ ЗНАЧЕНЬ ДЕФОРМАЦІЙ ПОВЗУЧОСТІ

У результаті випробувань базових зразків обчислені середні значення відносних деформацій повзучості бетону, які представлені в таблиці Г.1.

Таблиця Г.1

Тривалість спостереження, діб	50	60	75	100	125	150	175	180
Відносна деформація повзучості, $\varepsilon_{cc} \cdot 10^5$	81,5	89	98,5	112	124	134	141	145

Для обчислення умовно граничного значення відносних деформацій повзучості слід побудувати лінію регресії в координатах $\left[\frac{\Delta t}{\varepsilon_{cc}}; \Delta t \right]$ яка має вид

$$\frac{\Delta t}{\varepsilon_{cc}} = A + B \Delta t, \quad (\text{Г.1})$$

З цією метою вводять позначки

$$Y_i = \frac{\Delta t}{\varepsilon_{cc}}; X_i = \Delta t.$$

За результатами, наведеним у таблиці Г.1, обчислюють значення $\frac{\Delta t}{\varepsilon_{cc}}$, записують у таблицю Г.2 і наносять на координатну сітку, як це показано на рисунку Г.1.

Таблиця Г.2

$X_i = \Delta t$, діб	50	60	75	100	125	150	175	180
$Y_i = \frac{\Delta t}{\varepsilon_{cc}} \cdot 10^{-5}$, діб	0,614	0,674	0,761	0,889	1,008	1,119	1,241	1,241

За даними таблиці Г.2 обчислюють середні значення

$$\bar{Y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_i; \quad \bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i;$$

їх дисперсії

$$S_1^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2; \quad S_2^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2;$$

кореляційний момент

$$m_{1,2} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y});$$

коефіцієнт кореляції

коефіцієнт кореляції

$$r = \frac{m_{1,2}}{S_1 S_2},$$

де n – число точок вимірювань.

У результаті підстановки в ці формули значень із таблиці Г.2 отримують:

$$\bar{Y} = 0,943 \cdot 10^5 \text{ діб}; \quad \bar{X} = 114,4 \text{ діб};$$

$$S_1^2 = 2603,1 \text{ діб}^2;$$

18

ДСТУ Б В.2.7-216:2009

$$S_1 = 51,01 \text{ діб};$$

$$S_2^2 = 0,0613 \cdot 10^{10} \text{ діб}^2;$$

$$S_2 = 0,2476 \cdot 10^5 \text{ діб};$$

$$m_{1,2} = 12,614 \cdot 10^5 \text{ діб}.$$

Коефіцієнт кореляції:

$$r = \frac{12,614 \cdot 10^5}{51,01 \cdot 0,2476 \cdot 10^5} = 0,999.$$

Чисельні значення коефіцієнтів A і B у рівнянні регресії визначають за формулами

$$A = \bar{Y} - B\bar{X}; \quad B = \frac{m_{1,2}}{S_1^2};$$

після підстановки одержимо:

$$B = 485;$$

$$A = 0,389 \cdot 10^5 \text{ діб}.$$

Рівняння регресії має вид

$$\frac{\Delta t}{\varepsilon_{cc}} = (0,389 + 0,00485 \cdot \Delta t) \cdot 10^5 \text{ діб}.$$

Значення котангенса кута нахилу прямої відповідно до 8.7 дає граничне значення відносної деформації повзучості по середніх точках вимірювання:

$$\operatorname{ctg} \beta = \varepsilon_{cc}(\infty) = \frac{1}{0,00485 \cdot 10^5} = 206,2 \cdot 10^{-5}.$$

Значення коефіцієнта α_c відповідно до 8.7 визначається з рівняння регресії (Г.1), де значення $\frac{\Delta t}{\varepsilon_{cc}}$ дорівнює нулю.

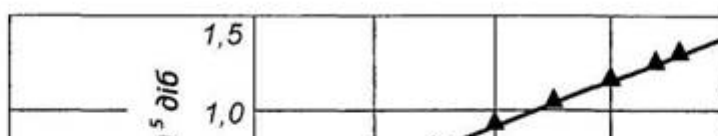
$$\alpha_c = \frac{A}{B} = \frac{0,389 \cdot 10^5}{0,00485 \cdot 10^5} = 80 \text{ діб}.$$

Результати обчислень наведені на кресленні.

Таким чином, умовно граничні значення відносної деформації повзучості бетону складають:

$$\varepsilon_{cc}(\infty) = 206,2 \cdot 10^{-5}.$$

Обчислення значень відносних деформацій повзучості на різні строки витримування під навантаженням проводять за формулою (7), наведеною у 8.8.



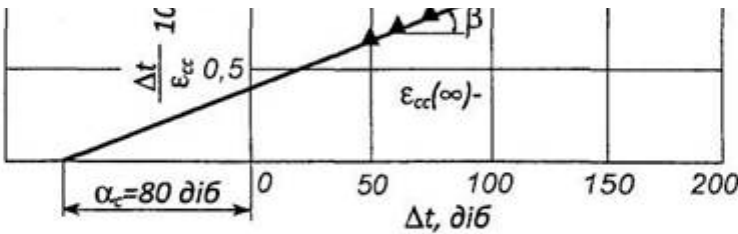


Рисунок Г.1 – Побудова лінії регресії при визначенні граничних значень відносних деформацій повзучості

ДОДАТОК Д (довідковий)

МЕТОД ПРИСКОРЕНОГО ВИЗНАЧЕННЯ ДЕФОРМАЦІЇ ПОВЗУЧОСТІ

Д.1 Устаткування та прилади для проведення випробувань повинні відповідати вимогам даного стандарту. Застосування пружинних завантажувальних пристроїв допускається тільки за умови забезпечення контролю за підтримкою постійного прикладеного навантаження протягом усього періоду випробування з похибкою, що не виходить за межі $\pm 2\%$.

Д.2 Тривалість випробувань повинна становити не менше, ніж 32 доби. Зняття відліків за приладами слід робити, використовуючи базову схему вимірювання, у строки спостереження t_i (з моменту початкового відліку), що дорівнюють 1, 2, 4, 8, 16, 32 діб, з похибкою ± 1 год.

Д.3 Відповідно до розділу 8 обчислюють відносні деформації повзучості $\varepsilon_{cc}(t_i)$ і їх середні значення $\bar{\varepsilon}_{cc}(t_i)$ для кожного строку спостереження t_i , зазначеного в Д.2.

Д.4 За середнім значенням відносних деформацій повзучості $\varepsilon_{cc}(t_i)$ у строки спостереження t_i ($i = 1 \dots 6$) слід побудувати відповідно два графіки: у системі координат $[\ln \bar{\varepsilon}_{cc}(t_i); \ln t_i]$ і системі координат $[\bar{\varepsilon}_{cc}(t_i); \ln t_i]$, з'єднати на кожному з них першу і останню точки прямою лінією. Всі проміжні точки на обох графіках за відсутності аномальних результатів вимірювань повинні бути розташовані відповідно: у системі координат $[\ln \bar{\varepsilon}_{cc}(t_i); \ln t_i]$ – над зазначеною прямою, у системі координат $[\bar{\varepsilon}_{cc}(t_i); \ln t_i]$ – під зазначеною прямою.

Д.5 За відсутності аномальних результатів вимірювань обчислюють значення параметрів k , Y_m і a за формулами:

$$k = 0,577 \ln \left[\frac{\bar{\varepsilon}_{cc}(t_6)}{\bar{\varepsilon}_{cc}(t_1)} - \frac{\bar{\varepsilon}_{cc}(\bar{t}) - \bar{\varepsilon}_{cc}(t_1)}{\bar{\varepsilon}_{cc}(t_6) - \bar{\varepsilon}_{cc}(\bar{t})} \right], \quad (\text{Д.1})$$

$$Y_m = \bar{\varepsilon}_{cc}(t_6) \frac{\bar{\varepsilon}_{cc}(t_6) [\bar{\varepsilon}_{cc}(\bar{t}) - \bar{\varepsilon}_{cc}(t_1)] - \bar{\varepsilon}_{cc}(t_1) [\bar{\varepsilon}_{cc}(t_6) - \bar{\varepsilon}_{cc}(\bar{t})]}{\bar{\varepsilon}_{cc}^2(\bar{t}) - \bar{\varepsilon}_{cc}(t_1) \bar{\varepsilon}_{cc}(t_6)}, \quad (\text{Д.2})$$

$$a = \frac{Y_m}{\bar{\varepsilon}_{cc}(t_1)} - 1, \quad (\text{Д.3})$$

де $\bar{\varepsilon}_{cc}(t_1)$, $\bar{\varepsilon}_{cc}(t_6)$ – середні значення відносних деформацій повзучості, що відповідають першому ($t_1 = 1$ доба) і останньому ($t_6 = 32$ діб) відлікам за вимірювальними приладами;

$\bar{\varepsilon}_{cc}(\bar{t})$ – значення відносної деформації повзучості в момент часу, що відповідає середньому геометричному значенню на прийнятому відрізку часу вимірювань, що обчислюється за формулою

$$\ln \bar{\varepsilon}_{cc}(\bar{t}) = 0,267 \sum_{i=1}^6 \ln \bar{\varepsilon}_{cc}(t_i) - 0,3 [\ln \bar{\varepsilon}_{cc}(\bar{t}) + \ln \bar{\varepsilon}_{cc}(t_6)]. \quad (\text{Д.4})$$

Д.6 Відносні деформації повзучості визначають за формулою

$$\varepsilon_{cc}(t) = Y_m \frac{t_i^k}{a + t_i^k}, \quad (\text{Д.5})$$

де k , Y_m і a – значення параметрів за формулами (Д.1) – (Д.3);
 t_i – час спостереження з моменту початкового відліку.

Д.7 Допускається використовувати послідовність зняття відліків, відмінну від базової схеми вимірювань за умови, що зняття першого відліку роблять через $t_i = (24 \pm 1)$ год, а наступних – довільно із зазначенням фактичного часу кожного спостереження, округленого з точністю до 0,1 доби.

ДСТУ Б В.2.7-216:2009

У цьому випадку, а також у випадку виключення аномальних результатів вимірювань при базовій схемі зняття відліків значення параметрів k , Y_m і a обчислюють за формулами

$$k = \frac{\ln \bar{\varepsilon}_{cc}(t_6) - \ln \bar{\varepsilon}_{cc}(t_1)}{\ln t_6 - \ln t_1}$$

$$k = \frac{4}{\ln t_N} \cdot \ln \left[\frac{t_m}{\bar{\varepsilon}_{cc}(t_1)} \cdot \frac{\bar{\varepsilon}_{cc}(t) - \bar{\varepsilon}_{cc}(t_1)}{\bar{\varepsilon}_{cc}(t_N) - \bar{\varepsilon}_{cc}(t)} \right]; \quad (\text{Д.6})$$

$$Y_m = \bar{\varepsilon}_{cc}(\bar{t}) \frac{\bar{\varepsilon}_{cc}(t_N) [\bar{\varepsilon}_{cc}(\bar{t}) - \bar{\varepsilon}_{cc}(t_1)] - \bar{\varepsilon}_{cc}(t_1) [\bar{\varepsilon}_{cc}(t_N) - \bar{\varepsilon}_{cc}(\bar{t})]}{\bar{\varepsilon}_{cc}^2(\bar{t}) - \bar{\varepsilon}_{cc}(t_1) \bar{\varepsilon}_{cc}(t_N)}; \quad (\text{Д.7})$$

$$\alpha = \frac{Y_m}{\bar{\varepsilon}_{cc}(t_1)} - 1, \quad (\text{Д.8})$$

де $\bar{\varepsilon}_{cc}(t_1)$, $\bar{\varepsilon}_{cc}(t_N)$ – значення деформації повзучості, що відповідає фактичному строку останнього вимірювання t з моменту початкового відліку.

$\bar{\varepsilon}_{cc}(\bar{t})$ обчислюють за формулою

$$\bar{\varepsilon}_{cc}(\bar{t}) = \frac{\ln \bar{\varepsilon}_{cc}(t_1) + \ln \bar{\varepsilon}_{cc}(t_N)}{2} + \frac{4}{3} \cdot \frac{S}{\ln(t_N)}, \quad (\text{Д.9})$$

де S – площа багатокутника 1-2-3...N (рисунок Д.1), побудованого за результатами всіх вимірів, за винятком результатів, визнаних аномальними згідно з Д.4, що обчислюють за формулою:

$$S = \sum (\Delta S_1) - S_{1-N}, \quad (\text{Д.10})$$

де $\sum (\Delta S_1)$ – сума площ трапецій 1-2-2'-1' (ΔS_{1-2}), 2-3-3'-2' (ΔS_{2-3}) і т.д.;

S_{1-N} – площа трапеції 1 – N – NN' обчислюється за формулою:

$$S_{1-N} = \frac{\ln \bar{\varepsilon}_{cc}(t_1) + \ln \bar{\varepsilon}_{cc}(t_N)}{2} \cdot \Delta_{1-N}, \quad (\text{Д.11})$$

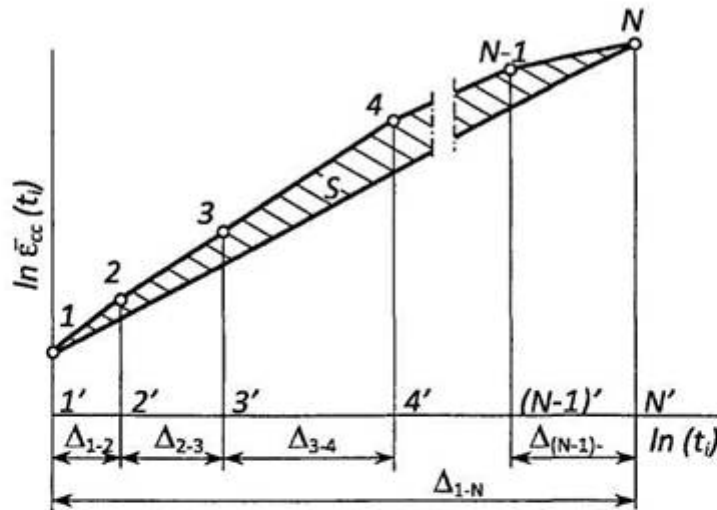


Рисунок Д.1 – Схема подання результатів вимірювань для визначення площі S

Д.8 Приклад визначення повзучості бетону при схемі вимірювань, відмінній від базової, за наявності аномальних результатів.

У таблиці Д.1 представлені середні значення відносних деформацій повзучості, отриманих у результаті випробування серії дослідних зразків з підбраного складу бетону. Потрібно визначити деформацію повзучості бетону до моменту часу t_i , що дорівнює 720 діб.

Таблиця Д.1

Найменування параметра	Норма для i -го виміру								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Тривалість спостереження t_i , діб	1,0	2,8	4,2	8,0	12,3	16,0	21,0	28,0	32,0
Середні відносні деформації повзучості $\bar{\epsilon}_{cc}(t_1) \cdot 10^5$	5,4	9,3	11,4	15,5	18,5	29,7	23,0	22,5	27,2
$\ln t_i$	0	1,03	1,44	2,08	2,51	2,77	3,04	3,33	3,47
$\ln[\bar{\epsilon}_{cc}(t_1) \cdot 10^5]$	1,69	2,23	2,44	2,74	2,92	3,03	3,14	3,11	3,30

Як видно із графіків, наведених на рисунку Д.2, побудованих відповідно до вимог Д.4, точка 8 є аномальною. Тому, з огляду на число та послідовність вимірювань, а також наявність аномального вимірювання обчислення параметрів k , Y_m і α здійснюють за формулами (Д.6), (Д.7), (Д.8). Розрахунок площі проводять, як зазначено в таблиці Д.2.

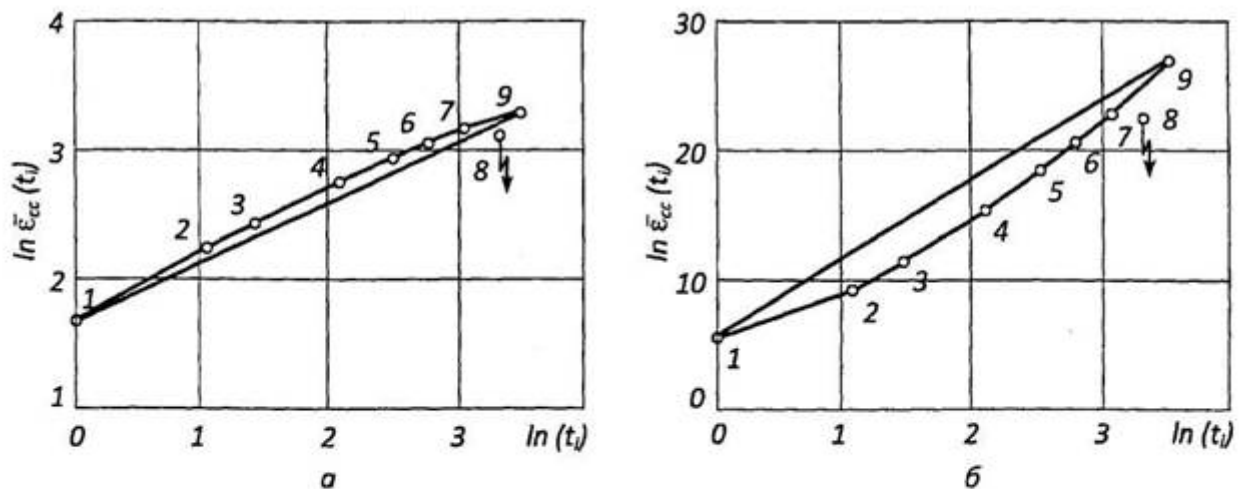


Рисунок Д.2 – Обробка результатів випробувань за схемою вимірювань, відмінній від базової, за наявності аномальних результатів

Таблиця Д.2

Відрізок ламаної	Висота трапеції Δ_i	Площа трапеції ΔS_i
1-2	$\Delta_{1-2} = 1,03 - 0 = 1,03$	$\Delta_{1-2} = \frac{1}{2} (2,23 + 1,69) 1,03 = 2,02$
2-3	$\Delta_{2-3} = 1,44 - 1,03 = 0,41$	$\Delta_{2-3} = \frac{1}{2} (2,44 + 2,23) 0,41 = 0,96$
3-4	$\Delta_{3-4} = 2,08 - 1,44 = 0,64$	$\Delta_{3-4} = \frac{1}{2} (2,74 + 2,44) 0,64 = 1,66$
4-5	$\Delta_{4-5} = 2,51 - 2,08 = 0,43$	$\Delta_{4-5} = \frac{1}{2} (2,92 + 2,74) 0,43 = 1,22$
5-6	$\Delta_{5-6} = 2,77 - 2,51 = 0,26$	$\Delta_{5-6} = \frac{1}{2} (3,03 + 2,92) 0,26 = 0,77$
6-7	$\Delta_{6-7} = 3,04 - 2,77 = 0,27$	$\Delta_{6-7} = \frac{1}{2} (3,14 + 3,03) 0,27 = 0,83$
7-9	$\Delta_{7-9} = 3,47 - 3,04 = 0,43$	$\Delta_{7-9} = \frac{1}{2} (3,30 + 3,14) 0,43 = 1,38$
1-9	$\Delta_{1-9} = 3,47 - 0 = 3,47$	$\Delta_{1-9} = \frac{1}{2} (3,30 + 1,69) 3,47 = 8,66$

Значення S за формулою (Д.10)

$$S = \sum (\Delta S_1) - S_{1-9} = 8,84 - 8,66 = 0,18.$$

Значення $\varepsilon_{1c}(t)$ визначають за формулою (Д.9)

$$\ln \bar{\varepsilon}_{cc}(\bar{t}) = 2,495 + \frac{4}{3} \times \frac{0,18}{3,47} = 2,56.$$

Звідси

$$\varepsilon_{cc}(\bar{t}) = e^{2,56} = 12,9 \cdot 10^{-5}.$$

Далі за формулами (Д.6) – (Д.8) знаходимо значення параметрів k , Y_m і α

$$k = \frac{2}{\ln 32} \cdot \ln \left[\frac{27,2}{5,4} \times \frac{12,9 - 5,4}{27,2 - 12,9} \right] = 0,561,$$

$$Y_m = 12,9 \frac{27,2(12,9 - 5,4) - 5,4(28,2 - 12,9)}{12,9^2 - 5,4 \times 27,2} = 80,2 \cdot 10^{-5},$$

$$\alpha = \frac{80,2 - 5,4}{5,4} = 13,85 \text{ діб.}$$

Відносна деформація повзучості при тривалості спостереження 720 діб відповідно до формули (Д.5) дорівнює

$$\varepsilon_{cc}(\bar{t}) = 80,2 \frac{720^{0,561}}{13,85 + 720^{0,561}} \cdot 10^{-5} = 59,6 \cdot 10^{-5}.$$

Код УКНД 91.100.30

Ключові слова: бетон, відлік, випробування, деформація, зразок, маркування, повзучість, призмове міцність, приймання, прилади, технічні вимоги, усадка.