

Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства та
природокористування

Кафедра технології будівельних виробів та матеріалознавства

03-09-151М

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до виконання лабораторних робіт
з дисципліни «Технологія бетонних та залізобетонних виробів»
для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня
за освітньо-професійною програмою «Будівництво та цивільна
інженерія» спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія»
денної та заочної форми навчання

Рекомендовано
науково-методичною радою
з якості ННІБА
Протокол № 5 від 11.02. 2025 р.

Рівне – 2025

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Технологія бетонних та залізобетонних виробів» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою «Будівництво та цивільна інженерія» спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» денної та заочної форми навчання [Електронне видання] / Ніхаєва Л. І. – Рівне : НУВГП, 2025 – 16 с.

Укладач: Ніхаєва Л. І. старший викладач кафедри технології будівельних виробів і матеріалознавства.

Відповідальний за випуск: Дворкін Л. Й., д-р техн. наук., професор, завідувач кафедри технології будівельних виробів та матеріалознавства.

Керівник групи забезпечення спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія»

Караван В. В.

© Л. І. Ніхаєва, 2025

© НУВГП, 2025

ЗМІСТ

1. Загальні положення.....	4
2. Лабораторна робота №1. Дослідження впливу тривалості перемішування та віброущільнення бетонної суміші на середню густина і міцність бетону.....	4
2.1. Перше заняття. Приготування бетонної суміші, виготовлення бетонних зразків (варіювання величинами тривалості перемішування та віброущільнення здійснюється за математичним планом планування експериментів).....	7
2.2. Друге заняття. Випробування бетонних зразків, отримання рівнянь регресії і побудова графічних залежностей. захист виконаної лабораторної роботи.....	8
3. Лабораторна робота №2. Дослідження впливу величини привантаження та вмісту і виду прискорювача твердіння на середню густина і міцність бетону.....	10
3.1 Перше заняття. Приготування бетонної суміші, виготовлення бетонних зразків (варіювання величинами привантаження та вмісту прискорювача твердіння здійснюється за математичним планом планування експериментів).....	11
3.2. Друге заняття. Випробування бетонних зразків, отримання рівнянь регресії і побудова графічних залежностей. захист виконаної лабораторної роботи.....	13
4. Підсумкове заняття.....	16
5. Список рекомендованої літератури	16

1. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Методичні вказівки призначені для проведення лабораторних робіт з дисципліни "Технологічні процеси виготовлення бетонних і залізобетонних виробів". В склад цих робіт включені теми, що охоплюють основні технологічні процеси виготовлення бетонних і залізобетонних виробів: приготування бетонної суміші, формування і теплова обробка.

Мета лабораторних робіт – сприяти більш глибокому розумінню і засвоєнню теоретичних положень курсу, а також набуття студентами навичок проведення експериментальних робіт, застосування лабораторного обладнання і вимірювальної техніки, обробки і оформлення результатів досліджу.

Лабораторні роботи виконуються бригадами із двох ланок у складі 4...5 чоловік, кожна з яких виконує лабораторну роботу згідно з вихідними умовами, чи завданням викладача. Попередньо студент повинен засвоїти теоретичний матеріал і підтвердити свої знання при опитуванні, інакше він не допускається до виконання лабораторної роботи.

Кожний студент оформляє звіт по роботі, в який включають відомості про використані матеріали і обладнання, методики досліджень, а також отримані результати у вигляді таблиць, рівнянь регресії, графічних залежностей, аналіз отриманих результатів та висновки. Після цього робота захищається.

2. ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1.

Дослідження впливу тривалості перемішування та віброущільнення бетонної суміші на середню густину і міцність бетону

Мета роботи. Дослідити вплив тривалості технологічних процесів: механічного перемішування бетонної суміші та віброущільнення на якість ущільнення та міцність бетону.

Загальні відомості.

Міцність бетону залежить від якості перемішування та тривалості ущільнення бетонної суміші. На заводах збірного залізобетону застосовують два основних способи перемішування – з вільним падінням (гравітаційне) і примусове.

Гравітаційне змішування рекомендується для приготування рухливих і литих бетонних сумішей на важких крупних заповнювачах. Для приготування легких бетонних сумішей на пористих заповнювачах, дрібнозернистих сумішей, а також жорстких сумішей на будь-якому заповнювачі рекомендується примусове перемішування. Примусове перемішування бетонних сумішей сприяє підвищенню активності в'язучого, збільшенню ступеня його гідратації та якості зчеплення цементного каменя із заповнювачами.

Тривалість перемішування повинна бути достатньою для отримання однорідної (гомогенної) суміші, при надмірній тривалості перемішування якість суміші не покращується, при цьому відбувається надмірна витрата електроенергії та знос обладнання.

Ущільнення бетонних сумішей у виробах, в залежності від їх форми, розмірів та легкоукладальності суміші здійснюють різними способами – об'ємним, зовнішнім, поверхневим та внутрішнім віброущільненням. Якість ущільнення оцінюється величиною коефіцієнту ущільнення ($K_{ущ}$), який повинен бути не меншим за 0,98. Недостатня тривалість ущільнення призводить до зменшення величини $K_{ущ}$, і відповідності міцності бетону, а надмірне збільшення тривалості віброущільнення може призвести до розшарування бетону і зменшення його міцності.

На інтенсивність перемішування та віброущільнення бетонної суміші суттєвий вплив може бути здійснений шляхом використання добавок суперпластифікаторів.

Таким чином в процесі цієї лабораторної роботи студентам необхідно визначити оптимальні значення величин тривалості перемішування та віброущільнення для досягнення максимальної щільності і міцності бетону.

Лабораторна робота виконується на протязі 2-х занять, що відбуваються з інтервалом у 2 тижні, це дає достатньо часу для досягнення бетонними зразками 60...75% міцності від марочної у 28 діб.

Зміст лабораторної роботи.

В роботі досліджується вплив технологічних факторів – вмісту суперпластифікатора, тривалості перемішування та віброуцільнення на величини коефіцієнту ущільнення бетонної суміші та міцності затверділого бетону.

Експерименти виконуються з використанням математичного планування. Приклад умов планування експериментів представлений в табл.1, план виконання експериментів – в табл.2.

Умови планування експерименту

Таблиця 1.

Фактори		Рівні варіювання		Інтервал
Натуральний вид	Кодований вид	-1	+1	
Вміст суперпластифікатора, % (Ц)	X ₁	0	0,5	0,5
Тривалість перемішування, хв.	X ₂	1	5	4
Тривалість віброуцільнення, хв.	X ₃	1	2	1

План виконання експериментів

Таблиця 2.

№ точки плану	Фактори			Витрата суперпластифікатора, г/л	Тривалість, хв	
	X ₁	X ₂	X ₃		Перемішування	Ущільнення
1	+	+	+	Розрахувати	5	2
2	+	-	+	"-"	1	2
3	-	+	+	"-"	5	2
4	-	-	+	"-"	1	2
5	+	+	-	"-"	5	1
6	+	-	-	"-"	1	1
7	-	+	-	"-"	5	1
8	-	-	-	"-"	1	1

2.1. Перше заняття (2 години).

Приготування бетонної суміші, виготовлення бетонних зразків (варіювання величинами тривалості перемішування та віброущільнення здійснюється за математичним планом планування експериментів).

Завдання1. Бригада 1, що складається із двох ланок проводить досліди з важкою крупнозернистою бетонною сумішшю, рухливість суміші приймають в межах $O_k \approx 5 \dots 7$ см. Клас бетону за міцністю рекомендується приймати В15...В30. Використовують цемент марок 400...600, пісок кварцовий, щебінь з магматичних гірських порід. Склад бетону визначають розрахунком (без урахування дії суперпластифікаторів, який є додатковим фактором, що здатен суттєво поліпшити якість перемішування та віброущільнення бетонної суміші). В якості суперпластифікатора можна використати С-3, Melment, Melflux та ін. За згодою викладача умови планування експерименту та план їхнього виконання можуть бути змінені.

На протязі 1-го заняття студенти виконують необхідні розрахунки складу бетону, виготовляють бетонні розміром 100x100x100 мм зразки згідно з планом (по 2 зразки для кожної точки), визначають коефіцієнт ущільнення бетонної суміші в кожній точці плану. Відформовані зразки маркують (наклеюють бірку, на якій вказують номер бригади, номер точки плану та дату формування). Отримані зразки накривають вологою тканиною і зберігають в металевих формах у приміщенні при температурі 20 ± 2^0 С, через 24 години зразки розпалублюють, подальше зберігання зразків до випробувань відбувається в спеціальних камерах при вологості 95...100% і температурі 20 ± 2^0 С.

Завдання2. Бригада 2, що також складається із двох ланок проводить досліди з важкою дрібнозернистою бетонною сумішшю, рухливість суміші приймають в межах $O_k \approx 0$ см. Клас бетону за міцністю рекомендується приймати В15...В30. Склад бетону визначають розрахунком. Використовують ті ж матеріали, що і бригада 1, але без щебеню. Виготовлять бетонні зразки і визначають коефіцієнт ущільнення бетонної суміші. Отримані зразки зберігають в тих же умовах, що і зразки бригади №1.

2.2. Друге заняття (2 години).

Випробування бетонних зразків, отримання рівнянь регресії і побудова графічних залежностей. Захист виконаної лабораторної роботи.

Обидві бригади випробовують на міцність свої бетонні зразки. За результатами експериментальних досліджень визначають коефіцієнти рівнянь регресії, що описують залежність величин коефіцієнту ущільнення бетонної суміші (визначені на першому занятті) та міцності при стиску затверділого бетону від технологічних факторів і будують графічні залежності. Рівняння регресії має вид:

$$\hat{O} = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3 + b_{12} X_1 X_2 + b_{13} X_1 X_3 + b_{23} X_2 X_3 \quad (1)$$

де \hat{O} - коефіцієнт ущільнення ($K_{уш}$) бетонної суміші, або міцність бетону при стиску ($R_{ст}^6$). Отримані рівняння використовують для побудови графічних залежностей $K_{уш} = f_1(X_1, X_2, X_3)$, $R_{ст}^6 = f_2(X_1, X_2, X_3)$

В технологічному аналізі отриманих результатів оцінюють вплив технологічних факторів на $K_{уш}$ та $R_{ст}^6$, виявляють найбільш впливовий фактор, визначають оптимальні значення технологічних факторів. В технологічному аналізі необхідно дати свої міркування щодо впливу технологічних факторів на якість перемішування, структуру та міцність бетону.

Необхідно порівняти результати перемішування і ущільнення крупнозернистої та дрібнозернистої бетонної суміші та оцінити особливості впливу на процеси перемішування та віброущільнення цих сумішей використаного суперпластифікатора, звернути увагу на вплив добавки суперпластифікатора на оптимальну тривалість обох технологічних процесів..

В кінці роботи повинні бути зроблені висновки.

Виконана і належним чином оформлена лабораторна робота захищається студентом шляхом співбесіди з викладачем.

Питання для самопідготовки.

1. Назвіть фактори, що впливають на вибір типу бетонозмішувача.

2. Назвіть типи бетонозмішувачів, їх конструктивно-технологічні особливості.

3. Чим відрізняються бетонозмішувачі циклічної та безперервної дії?

4. Які суміші не рекомендують перемішувати в гравітаційних бетонозмішувачах?

5. Які переваги та недоліки змішувачів гравітаційної та примусової дії?

6. Які суміші рекомендовано перемішувати в змішувачах примусової дії і які не рекомендовано? Чому?

7. Назвіть основні напрямки підвищення ефективності змішування бетонної суміші.

8. Що таке середня густина бетону і як її визначають?

9. Як визначають коефіцієнт ущільнення бетонної суміші?

10. Назвіть методи визначення міцності бетону.

11. Якими параметрами характеризується віброущільнення бетонної суміші і як їх вимірюють?

12. Як впливає недоущільнення бетонної суміші на міцність та інші властивості бетону?

13. Які механічні та фізико-механічні процеси протікають в бетонній суміші при її віброущільненні?

14. Які методи застосовують при віброущільненні виробів із рухливих та жорстких бетонних сумішей?

15. Як залежить міцність затверділого бетону від величини коефіцієнту ущільнення бетонної суміші?

16. Як залежить міцність затверділого бетону від тривалості віброущільнення?

17. Як залежить міцність затверділого бетону від тривалості перемішування?

18. Що таке інтенсивність вібрування. як вона визначається?

19. Як встановити виробничі параметри віброущільнення бетонних сумішей?

20. Як впливає суперпластифікатор на якість перемішування та ущільнення бетонної суміші?

21. Які операції входять до складу процесу формування?

22. Охарактеризуйте різновиди засобів для укладання бетонної суміші у форми.

23. Як визначити оптимальну тривалість віброущільнення бетонної суміші?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2.

Дослідження впливу величини привантаження та вмісту і виду прискорювача твердіння на середню густину і міцність бетону

Мета роботи. Дослідити вплив тривалості технологічних процесів: величини привантаження та виду і кількості прискорювача твердіння на щільність та міцність бетону.

Загальні відомості.

Ущільнення жорстких бетонних сумішей, особливо дрібнозернистих тільки вібруванням не завжди є ефективним, оскільки суміші з високою жорсткістю вимагають для оптимального ущільнення додаткового привантаження на поверхню бетонної суміші. Застосування привантаження сприяє прискоренню ущільнення бетонної суміші, дає можливість отримати гладку поверхню виробів, а також забезпечити отримання заданої товщини виробу, інтенсифікувати ущільнення малорухливих та жорстких сумішей, поліпшити однорідність ущільнення суміші по висоті, допускає використання високих амплітуд вібрування. Існує оптимальна величина привантаження, яка залежить від жорсткості бетонної суміші, конфігурації і товщини виробу та інших факторів. Зменшення величини привантаження нижче оптимальної призводить до недоущільнення бетонної суміші і зниження якості виробу. Збільшення ж величини привантаження вище оптимальної не сприяє відчутному росту міцності бетону і підвищенню якості виробу. Оптимальна величина привантаження складає 3...6 кПа для нормально і особливо жорстких бетонних сумішей і 10...14 кПа для наджорстких сумішей.

Слід мати на увазі, що само по собі застосування привантаження не призводить до підвищення міцності бетону. Ефект досягається завдяки збільшенню щільності бетону при ущільненні бетонної суміші вібруванням з привантаженням. Для підвищення щільності

бетону можна застосувати також і інші способи ущільнення: віброгідропресування, вібропрокатування, пресування, вакуумування та ін.

Виробництво збірного залізобетону за потоковими технологіями не можливе без використання тих чи інших засобів прискорення твердіння бетону: теплових, хімічних, та фізико-хімічних.

В даній лабораторній роботі досліджується вплив хімічних добавок – прискорювачів твердіння та теплової обробки (пропарювання) на міцність бетону. Теплова обробка змінює умови здійснення реакцій гідролізу та гідратації сприяє прискоренню процесів гідратації цементу та структуроутворенню цементного каменю, добавки на основі солей електролітів прискорюють набирання міцності бетоном у ранні строки твердіння.

Поєднання теплової обробки та хімічного впливу добавок-електролітів ще більше прискорює твердіння бетону. Існують оптимальні вміст хімічних добавок та параметри теплової обробки, вихід за які погіршує якість отриманих виробів.

В даній лабораторній роботі студентам необхідно визначити оптимальні значення величин привантаження при віброущільненні бетонної суміші та виду і кількості добавок прискорювачів твердіння для досягнення максимальної щільності і міцності бетону.

Лабораторна робота виконується на протязі 2-х занять, що відбуваються з інтервалом у 2 тижні, це дає достатньо часу для досягнення бетонними зразками, що тверділи в нормальних умовах, 60...75% міцності від марочної у 28 діб.

Зміст лабораторної роботи.

В роботі досліджується вплив технологічних факторів – витрати добавки прискорювача твердіння та величини привантаження на величини коефіцієнту ущільнення бетонної суміші та міцності затверділого бетону. Виготовлені бетонні зразки твердіють як в нормальних умовах так і для порівняння – при пропарюванні.

Експерименти виконуються з використанням математичного планування. Приклад умов планування експериментів представлений в табл.3, план виконання експериментів – в табл.4.

Умови планування експерименту

Таблиця 3.

Фактори		Рівні варіювання		Інтервал
Натуральний вид	Кодований вид	-1	+1	
Витрата добавки прискорювача, (% Ц)	X ₁	0	0,5	0,5
Величина привантаження, (кПа).	X ₂	0	3,5	3,5

План виконання експериментів

Таблиця 2.

№ точки плану	Фактори		Витрата добавки прискорювача, г	Величина привантаження, кПа.
	X ₁	X ₂		
1	+	+	Розрахувати	3,5
2	+	-	"-	0
3	-	+	"-	3,5
4	-	-	"-	0

3.1 Перше заняття (2 години).

Приготування бетонної суміші, виготовлення бетонних зразків (варіювання величинами привантаження та вмісту прискорювача твердіння здійснюється за математичним планом планування експериментів)

Завдання 1. Бригада 1, що складається із двох ланок проводить досліди з важкою дрібнозернистою бетонною сумішшю, жорсткість суміші приймають в межах Ж = 20...25 с. Клас бетону за міцністю рекомендується приймати В15...В35. Використовують цемент марок 400...600, пісок кварцовий. Склад бетону визначають розрахунком. В якості добавки прискорювача твердіння можна використати, наприклад, Relaxol-Temp3, хлорид кальцію CaCl₂·2H₂O, тіосульфат (гіпосульфит) натрію Na₂S₂O₃·5H₂O та ін.. За згодою викладача умови планування експерименту та план їхнього виконання можуть бути змінені.

На протязі 1-го заняття студенти виконують необхідні розрахунки складу бетону, виготовляють бетонні розміром 100x100x100 мм зразки згідно з планом (по 2 зразки для кожної точки), визначають коефіцієнт ущільнення бетонної суміші в кожній точці плану. Відформовані зразки маркують (наклеюють бірку, на якій вказують номер бригади, номер точки плану та дату формування). Отримані зразки накривають вологою тканиною і зберігають в металевих формах у приміщенні при температурі $20 \pm 2^{\circ}$ С, через 24 години зразки розпалублюють, подальше зберігання зразків до випробувань відбувається в спеціальних камерах при вологості 95...100% і температурі $20 \pm 2^{\circ}$ С.

Завдання 2. Бригада 2, що також складається із двох ланок проводить досліди також з важкою дрібнозернистою бетонною сумішшю, жорсткість суміші приймають в межах $J = 20 \dots 25$ с. Клас бетону за міцністю рекомендується приймати В15...В30. Склад бетону визначають розрахунком. Використовують ті ж матеріали, що і бригада 1, але замість кварцового піску приймають відход подрібнення граніту, або базальту зі щебзаводу. Виготовлять бетонні зразки і визначають коефіцієнт ущільнення бетонної суміші. Отримані зразки піддають пропарюванню за режимом 3+3+3 при температурі ізотермічного прогріву – 80° С. Пропарені зразки необхідно випробувати на міцність при стиску вже на наступний день. Результати випробувань будуть використані на другому занятті.

3.2. Друге заняття (2 години).

Випробування бетонних зразків, отримання рівнянь регресії і побудова графічних залежностей. Захист виконаної лабораторної роботи

1-а бригада випробовує на міцність свої зразки, 2-га бригада для подальшої роботи використовує вже отримані раніше результати випробувань пропарених зразків. За результатами експериментальних досліджень визначають коефіцієнти рівнянь регресії, що описують залежність величин коефіцієнту ущільнення бетонної суміші (визначені на першому занятті) та міцності при стиску затверділого бетону від технологічних факторів і будують графічні залежності. Рівняння регресії має вид:

$$\hat{O} = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_{12} X_1 X_2 \quad (2)$$

де \hat{O} - коефіцієнт ущільнення ($K_{ущ}$) бетонної суміші, або міцність бетону при стиску ($R_{ст}^6$). Отримані рівняння використовують для побудови графічних залежностей $K_{ущ} = f_1(X_1, X_2)$, $R_{ст}^6 = f_2(X_1, X_2)$.

В технологічному аналізі отриманих результатів оцінюють вплив технологічних факторів на $K_{ущ}$ та $R_{ст}^6$, виявляють найбільш впливовий фактор, визначають оптимальні значення технологічних факторів. В технологічному аналізі необхідно дати свої міркування щодо впливу величини привантаження на коефіцієнт ущільнення бетонної суміші, структуру та міцність бетону. Необхідно дати оцінку впливу добавки прискорювача твердіння як в умовах нормального твердіння, так і при пропарюванні, на структуру та міцність бетону і порівняти отримані дані.

Необхідно виконати порівняння особливостей впливу привантажу на коефіцієнт ущільнення та міцність дрібнозернистих бетонів з обома видами заповнювачів, оцінити вплив виду заповнювача на міцність як пропареного бетону так і бетону нормального твердіння. Важливо також виявити особливості впливу добавки прискорювача на твердіння бетону як у нормальних умовах, так і при пропарюванні.

В кінці роботи повинні бути зроблені висновки.

Виконана і належним чином оформлена лабораторна робота захищається студентом шляхом співбесіди з викладачем.

Питання для самопідготовки.

1. Як визначити жорсткість бетонної суміші?
2. Як впливає недоущільнення на властивості бетону?
3. Назвіть методи ущільнення жорстких бетонних сумішей.
4. Як визначити оптимальну величину привантаження при віброформуванні виробів із жорстких бетонних сумішей?
5. Як залежить міцність бетону від ступеня ущільнення бетонної суміші?
6. Поясніть особливості вібропресування, наведіть схеми різних типів вібропривантажень.
7. Як визначити параметри робочого органу віброштампу?

8. Як впливає вид і крупність заповнювача на якість ущільнення бетонної суші при віброущільненні з привантаженням?
9. При яких параметрах легкоукладальності бетонної суміші рекомендується застосовувати привантаження?
10. Які способи прискорення твердіння бетону застосовують у виробництві збірного залізобетону?
11. Назвіть види теплового прискорення твердіння бетону у виробництві збірного залізобетону.
12. Які види хімічного впливу для прискорення твердіння бетону застосовують у виробництві збірного залізобетону?
13. Назвіть основні види хімічних добавок – прискорювачів твердіння бетону.
14. Охарактеризуйте основні види фізико-хімічних заходів для прискорення твердіння бетону.
15. Назвіть та охарактеризуйте періоди, з яких складається цикл тепловологісної обробки залізобетонних виробів.
16. Від чого залежить тривалість циклів тепловологісної обробки залізобетонних виробів?
17. Які позитивними та негативними наслідками характеризується тепловологісна обробка залізобетонних виробів?
18. Як пояснити негативні ефекти, що відбуваються з бетоном при тепловологісній обробці залізобетонних виробів?
19. З якою метою проводять попереднє витримування бетону при тепловологісній обробці?
20. Від яких факторів залежить швидкість підвищення температури в камерах теплової обробки залізобетонних виробів?
21. Якими параметрами характеризується ізотермічне прогрівання?
22. Назвіть основні технологічні прийоми для скорочення температури і тривалості тепловологісної обробки залізобетонних виробів?
23. Обґрунтуйте раціональність використання сонячної енергії для прискорення твердіння бетону.
24. Поясніть особливості взаємодії хімічних добавок прискорювачів твердіння з цементом.

4. ПІДСУМКОВЕ ЗАНЯТТЯ (2 години)

Під час підсумкового заняття підводяться підсумки лабораторного курсу за семестр. Студенти отримують можливість передати заборгованості.

По результатам лабораторного курсу студенти отримують допуск до підсумкового заліку.

Здійснюється перегляд навчальних відеофільмів з основних тем лабораторного курсу, зокрема:

- формування плит і панелей;
- формування труб відцентровим методом та віброгідропресуванням,
- касетний спосіб виробництва збірного залізобетону;
- стендове виробництво збірного залізобетону;
- агрегатне та конвеєрні виробництва збірного залізобетону.

5. СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Дворкін Л. Й. Теоретичні основи будівельного матеріалознавства : навчальний посібник. Рівне : НУВГП, 2022. 799 с.
2. Дворукін Л. Й. Структура, склад та властивості цементного бетону : навч. посібник. К. : Каравела, 2024, 237 с.
3. Дворкін Л. Й. Основи матеріалознавства і технології будівельних виробів : навчальний посібник. К. : Кондор, 2024. 808 с.
4. Технологія бетонних і залізобетонних конструкцій : підручник у 2 ч. / Н. Г. Русанова, П. П. Пальчик, Л. М. Рижанкова. К. : Вища школа, Ч1. Виготовлення бетонних і залізобетонних конструкцій. 334 с.