

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Київський національний університет будівництва і архітектури

ВИРОБНИЧІ ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ ОБ'ЄКТІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Методичні вказівки
до виконання індивідуального завдання
для студентів спеціальностей
122 «Комп'ютерні науки» (освітня програма ІУСТ)
і 141 «Електроенергетика, електротехніка
та електромеханіка» (освітня програма ЕСА та Е)

Київ 2023

УДК 38.6

B52

Укладачі: В.І. Гоц, д-р техн. наук, професор;
О.В. Ластівка, канд. техн. наук, доцент

Рецензент Н.О. Амеліна, канд. техн. наук, доцент

Відповідальний за випуск В.І. Гоц, д-р техн. наук, професор

*Затверджено на засіданні кафедри технології будівельних
конструкцій і виробів, протокол № 8 від 15 грудня 2022 року.*

В авторській редакції.

Виробничі процеси та обладнання об'єктів автоматизації:
B52 методичні вказівки до виконання індивідуального завдання / уклад.:
В.І. Гоц, О.В. Ластівка. – Київ: КНУБА, 2023. – 20 с.

Містять основні підходи щодо виконання індивідуального завдання з теоретичного курсу «Виробничі процеси та обладнання об'єктів автоматизації», технологічний аналіз завдання, відомості про вибір сировинних матеріалів, розрахунок технологічних параметрів виробництва бетонної суміші, підбір механічного обладнання бетонозмішувального цеху, розрахунок та підбір типів складів для зберігання заповнювачів і в'язучих речовин.

Призначено для студентів спеціальностей 122 «Комп'ютерні науки» (освітня програма ІУСТ) та 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» (освітня програма ЕСА та Е).

© КНУБА, 2023

Загальні положення

Виконання завдання з теоретичного курсу «Виробничі процеси та обладнання об'єктів автоматизації» спрямоване на набуття студентами вмінь здійснювати розрахунок бетонозмішувального цеху.

Студенти денної форми навчання виконують індивідуальне завдання під час проведення практичних занять, студенти заочної форми навчання – самостійно в міжсесійний період.

Мета індивідуального завдання – закріпити і поглибити знання, отримані в процесі вивчення теоретичного курсу «Виробничі процеси та обладнання об'єктів автоматизації» та набуті навичок самостійного вирішення завдань побудови технологічних процесів приготування бетонних сумішей на підприємствах будівельної індустрії, що є базою їх автоматизації.

Інформаційною базою для виконання індивідуального завдання є матеріали лекційного курсу, викладені у підручнику, навчальних посібниках, літератури, рекомендованої до самостійного вивчення, нормативно-довідкової літератури, представленої в основному у ДСТУ, інструкціях, технічних правилах і рекомендаціях.

Основні дані і відомості із нормативно-довідкової літератури наведені в додатках методичних вказівок, якими необхідно користуватися та посилатися на них під час виконання індивідуального завдання.

Комплекс технологічних розрахунків і обґрунтувань прийнятих рішень в індивідуальному завданні відповідає змісту основних етапів технологічної підготовки виробництва бетонної суміші на підприємствах збірного залізобетону в конкретних умовах, передбачених завданням.

Закінчену роботу студенти оформляють згідно з вимогами даних методичних вказівок і подають до захисту.

Студента, який не захистив роботу, до складання заліку не допускають.

СТРУКТУРА ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАВДАННЯ

1. Обґрунтування та вибір вихідних (сировинних) матеріалів для приготування бетонної суміші.
2. Розрахунок складу бетонної суміші.
3. Визначення технологічних параметрів приготування бетонної суміші, розрахунок кількості і вибір типів основного обладнання змішувального відділення бетонозмішувального цеху.
4. Розрахунок технологічних параметрів та вибір типів складів для зберігання заповнювачів і в'язучих.
5. Розрахунок об'ємів бункерів накопичення сировинних матеріалів на дві години безперервної роботи бетонозмішувального відділення.
6. Розробка технологічної схеми процесу приготування бетонної суміші з вказівкою типу технологічного обладнання та транспортних засобів, які використовують.

ВАРІАНТИ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАВДАННЯ

- А. Річна потужність бетонозмішувального цеху, тис. м³: 50, 75, 100, 125, 150, 175, 200.
- Б. Міцність бетону, кг/см²: 200, 300, 400, 500, 600.
- В. Тип конструкції:
- а) збірні залізобетонні конструкції (ЗБК) з негайною розпалубкою, які формують на віброплощадках або вібронасадками;
 - б) багатопорожнинні та інші типи плитних конструкцій, які формуються в горизонтальному положенні на віброплощадках;
 - в) густоармовані тонкостінні елементи які формують з використанням зовнішнього вібрування;
 - г) ЗБК які формують на ударно-вібраційних установках;
 - д) ЗБК які формують в касетних установках;
 - е) центрифуговані ЗБК;
 - ж) віброгідропресовані труби;
 - з) масивні конструкції із монолітного бетону;
 - и) тонкостінні густоармовані конструкції із монолітного бетону.
- Г. Найменші розміри: товщина виробу, відстань між арматурними прутками та стінкою форми, мм: 40; 50; 60; 70; 80.

Д. Вартість крупного заповнювача – в гривнях за 1 т: високоякісний, середньої якості, пониженої якості (кожного року уточнюється).

Е. Вартість дрібного заповнювача – в гривнях за 1 т: (кожного року уточнюється).

Є. Вартість портландцементу – в гривнях за 1 т: (кожного року уточнюється).

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ЗАВДАННЯ

Технологічний аналіз зводиться до усвідомлення особливостей складу, обмежень на властивості сировинних матеріалів, параметрів процесів приготування та транспортування, напрямок пошуку оптимального складу і т.д., з огляду на конкретні умови завдання.

Результати аналізу наводять за формою табл. 1.

У правій частині таблиці, крім текстової анотації і розрахункових формул, можуть приводитися графіки, табличні матеріали та інші дані, необхідні і достатні для обґрунтування технологічних особливостей і обмежень.

Таблиця 1

Технологічний аналіз

Умови завдання			Технологічні особливості і обмеження, виходячи з умов завдання
Умови	Одиниця вимірювання	Абсолютна величина	
<u>Приклад</u> Міцність бетону	кг/см ²	200	1. Бетон важкий, $2200 \leq \rho \leq 2500 \text{ кг/м}^3$ [1,2] 2. Рекомендується марка цементу 400 (табл. А.2 дод. А) 3. Мінімально допустима міцність щебеню із природного каменю повинна бути на менше чим у 2 рази вище міцності бетону, тобто $2 \times 200 = 400 \text{ (кг/см}^2\text{)}$ (ДСТУ БВ 2.7-25-89) і т.д.

ВИБІР ВИХІДНИХ СИРОВИННИХ МАТЕРІАЛІВ

1. Обґрунтування вибору крупного заповнювача

Обмеження, встановлені внаслідок технологічного аналізу заданої ситуації (див. дод. 1):

- максимальна крупність $D_{нб}$... мм (табл. А.3 дод.А);
- мінімальна допустима міцність породи заповнювача ... кг/см²;
- мінімальна допустима морозостійкість ... циклів і т.д.

Висновок: приймаємо щебінь фракції ..., міцність при стиску породи

...,

морозостійкість.... і т.д.

Властивості і показники прийнятого крупного заповнювача (див. дод. А, табл. А.1):

- середня густина зерен $\rho_{щ}$... кг/л;
- насипна густина $\gamma_{щ}$... кг/л;
- міжзернова пористість $V_{п.щ}$;
- вартість 1 т. ... грн.

Решта властивостей повинні відповідати вимогам державного стандарту (вказати номер).

2. Обґрунтування вибору дрібного заповнювача

Обмеження, встановлені в результаті технологічного аналізу:

- вид дрібного заповнювача
- вимоги до крупності $M_{кр}$

Висновок: приймаємо пісок

Властивості і показники дрібного заповнювача (див. дод. А, табл. А.1):

- середня густина зерен $\rho_{п}$... кг/л;
- насипна густина $\gamma_{п}$... кг/л;
- вартість 1 т. ... грн.

Решта властивостей повинна відповідати вимогам державного стандарту (вказати номер).

3. Обґрунтування вибору в'язучої речовини

Обмеження, встановлені в результаті технологічного аналізу (див. дод. А, табл. А.2):

- активність цементу не менше
- допустимі до застосування види цементів:

1. _____
2. _____
3. _____

Обмеження щодо витрати цементу на 1,0 м³ бетонної суміші:
 - мінімальна витрата за умовою розшарування бетонної суміші, при крупності щебеню ... мм складає ... (кг);
 - максимальна допустима витрата цементу - (кг).

Таблиця 2

Властивості і показники вибраних для варіантного проектування складу бетонної суміші видів цементу

Вид цементу	Середня густина, кг/м ³	Насипна густина, кг/м ³	Водопотреба тіста нормальної, густини Н _г %	Активність, кг/см ²	Вартість за 1 т грн
1.					
2.					
3.					

Решта властивостей повинна відповідати вимогам державного стандарту (вказати номер).

ВИЗНАЧЕННЯ СКЛАДУ БЕТОННОЇ СУМІШІ

1. Загальні положення

Склад бетонної суміші визначають за методом абсолютних об'ємів відповідно до рекомендацій [1]. При цьому в процесі розрахунків здійснюють корегування отримання параметрів суміші з метою:

- забезпечення спеціальних властивостей бетону, зазначених у завданні на курсову роботу (морозостійкість, водостійкість, водонепроникність, стійкість до агресивної дії навколишнього середовища тощо);
- зниження витрати цементу;
- скорочення циклу теплової обробки бетону, прискорення його

тверднення, забезпечення можливості бетонування за низьких температур навколишнього середовища тощо.

Як правило, цього досягають застосуванням різних хімічних добавок та інших технологічних прийомів. У процесі виконання розрахунків необхідно обґрунтувати (з посиланням на відповідні нормативні вказівки) прийняті рішення про застосування тих чи інших технологічних прийомів у даній конкретній ситуації.

2. Розрахунок складу бетонної суміші

Розрахунок параметрів складу бетонної суміші – водоцементного відношення, водовмісту, витрати цементу, заповнювачів і добавок виконують за ДСТУ Б В.2.7-215:2009 з розрахунку на 1 м³ в такій послідовності:

1. Визначення величини водоцементного відношення – В/Ц, як головної умови, за якої буде забезпечена задана міцність (марка) бетону R_B в даній конкретній ситуації.

Залежно від міцності бетону величину В/Ц визначають за наступними емпіричними формулами:

$$\text{при } f_{cm} \leq 1,2R_{ц}, \quad \frac{В}{Ц} = \frac{A \cdot R_{ц}}{f_{cm} + 0,5A \cdot R_{ц}}; \quad (1)$$

$$\text{при } f_{cm} > 1,2R_{ц}, \quad \frac{В}{Ц} = \frac{A_1 \cdot R_{ц}}{f_{cm} - 0,5A_1 \cdot R_{ц}}; \quad (2)$$

$$\frac{В}{Ц} = \frac{0,23 \cdot R_{ц} + 100}{f_{cm} + 80} - \text{формула ВНДІ залізобетону}; \quad (3)$$

де f_{cm} – проектна середня міцність бетону, кг/см²; $R_{ц}$ – активність цементу, яка визначається згідно з ДСТУ Б В.2.7-187:2009; A і A_1 – коефіцієнти, що залежать від якості заповнювачів, значення яких наведено в табл. 3.

Таблиця 3

Коефіцієнт якості заповнювачів

Заповнювачі	A	A ₁
Високоякісні	0,65	0,43
Рядові	0,60	0,40
Зниженої якості	0,55	0,37

2. Визначення водопотреби «В» бетонної суміші, як головного фактора її легкоукладальності (рухливості або жорсткості), здійснюють за табл. 4, в якій для кожної марки бетонної суміші наведено орієнтовну витрату води на 1,0 м³ суміші з урахуванням виду і розміру крупного заповнювача, модуля крупності піску та водопотреби для тіста нормальної густоти цементу. Показники легкоукладальності бетонної суміші для формування заданої конструкції наведено в дод. Б, табл. Б.1.

Таблиця 4

Витрати води на 1 м³ бетонної суміші

Марка суміші	Показник легкоукладальності бетонної суміші		Втрата води, л/м ³ при крупності, мм							
	Рухливість О.К., см	жорсткість, с	гравію				щебеню			
			10	20	40	70	10	20	40	70
P4 (S4)	16...20	-	227	218	203	192	237	227	213	202
P3 (S3)	12...16	-	220	210	203	185	230	220	207	195
	10...12	-	215	205	190	180	225	215	200	190
P2 (S2)	8...10	-	205	190	175	170	215	205	190	185
	5...7	-	200	185	170	165	210	200	185	180
P1 (S1)	2...4	-	190	175	160	155	200	190	175	170
Ж2(V2)	-	10...15	175	160	145	140	185	175	160	155
	-	15...20	160	150	135	130	175	165	150	145
Ж3(V1)	-	25...35	160	145	130	125	170	160	145	140
Ж4(V0)	-	40...50	150	135	125	120	160	150	135	130

Примітка. Витрата води замішування наведена для бетонних сумішей, виготовлених на цементі з $N_r = 26...28$ і піску з $M_k = 2,0$. При зміні N_r на кожний процент в менший бік витрату води треба зменшити на 3...5 л/м³, в більший бік – збільшити на таке ж саме значення. У разі зміни модуля крупності піску в менший бік на кожні 0,5 його значення треба збільшувати, а в більший бік – зменшувати витрату води на 3...5 л/м³.

У випадку застосування пластифікуючих добавок (див. дод. 3) одержану за таблицею витрату води відповідно зменшують залежно від ефективності добавок.

3. Витрату цементу «Ц» на 1,0 м³ бетонної суміші визначають за формулою:

$$Ц = \frac{B}{B/Ц}$$

4. Для визначення витрати заповнювачів спочатку встановлюють важливий геометричний параметр макроструктури бетону – коефіцієнт розсування зерен крупного заповнювача цементним розчином α :

$$\alpha = \frac{V_p}{V_{н.з.}}$$

де – V_p – об’єм розчинної частини бетону; $V_{н.з.}$ – об’єм пустот крупного заповнювача.

Коефіцієнт α також визначають за таблицями або графіками. Його значення залежить від значення $B/Ц$, витрати цементу і заданої рухливості (жорсткості) бетонної суміші (табл. 5).

Таблиця 5

Коефіцієнт розсування зерен крупного заповнювача при відповідній витраті цементу

Витрата цементу, кг/м ³ суміші	Показник легкоукладальності			
	Осадка конуса, см			Жорсткість, с
	10 і більше	5...9	1...4	
200	1,26	1,22	1,18	1,1
250	1,34	1,28	1,22	1,12
300	1,40	1,34	1,28	1,14
350	1,46	1,40	1,34	1,16
400	1,56	1,48	1,40	1,18
500	1,72	1,60	1,48	1,2

5. Витрату щебеню в кг на 1,0 м³ бетонної суміші визначають за формулою:

$$Щ = \frac{1000}{\frac{V_{щ.} \cdot \alpha}{\gamma_{щ}} + \frac{1}{\rho_{щ}}}$$

де α – коефіцієнт розсування зерен крупного заповнювача цементним розчином в бетоні; для жорстких і рухливих сумішей його величину беруть – за табл. 5.

6. Витрати піску «П» в кг на 1,0 м³ бетонної суміші визначають за формулою абсолютних об'ємів:

$$P = \left[1000 - \left(\frac{Ц}{\rho_{ц}} + \frac{Щ}{\rho_{щ}} + B \right) \right] \rho_n,$$

де $\rho_{ц}$, $\rho_{щ}$, ρ_n – істинна густина зерен відповідно цементу, щебеню і піску.

7. Коефіцієнт виходу бетонної суміші:

$$\beta = \frac{1000}{\frac{Ц}{\gamma_{ц}} + \frac{П}{\gamma_n} + \frac{Щ}{\gamma_{щ}}}.$$

8. Розрахунок собівартості «С» матеріалів на 1,0 м³ бетонної суміші:

$$C = C_{ц} \cdot Ц + C_{п} \cdot П + C_{щ} \cdot Щ + C_{в} \cdot В + C_{д} \cdot Д,$$

де $C_{ц}$, $C_{п}$, $C_{щ}$ і $C_{д}$ – вартість відповідно 1 кг цементу, піску, щебеню і добавки (Д – витрата добавки на 1,0 м³ бетонної суміші), в грн.

ПРОЕКТУВАННЯ БЕТНОЗМІШУВАЛЬНОГО ВУЗЛА ТА СХЕМИ ГЕНЕРАЛЬНОГО ПЛАНУ ЗАВОДУ

До схеми бетонозмішувального цеху входять склади заповнювачів, в'язучих матеріалів і добавок з вантажоприймальними пристроями та установками, транспортні пристрої і споруди для внутрішньо-цехового переміщення матеріалів і бетонозмішувальне відділення з необхідним технологічним обладнанням, розміщеним у спеціальній будівлі.

У структурі заводу залізобетонних виробів бетонозмішувальний цех є одним з головних підрозділів основного виробництва і виконує наступні функції:

- розвантаження, накопичення і зберігання нормативного запасу сировинних матеріалів на механізованих складах;
- підготовку сировинних матеріалів – підігрівання заповнювачів у

зимовий період, активізацію в'яжучих, приготування спеціальних розчинів добавок та інші підготовчі операції;

- приготування бетонних сумішей і транспортування їх до формувальних постів технологічних ліній.

Визначення параметрів і вибір основного обладнання бетонозмішувального відділення виконується в такій послідовності:

1. Потужність змішувачів при заданій продуктивності визначають за формулою:

$$P_{год.} = \frac{Q}{\Phi_n \cdot T} k_1 \cdot k_2,$$

де Q – річна потужність бетонозмішувального вузла, м³; Φ_n – планова кількість робочих днів на рік; T – кількість робочих годин на добу; $k_1 = 1,4$ – коефіцієнт годинної нерівномірності використання бетонної суміші; $k_2 = 1,2$ – коефіцієнт запасу потужності.

2. Тривалість одного циклу роботи змішувача визначають за формулою:

$$\tau_{ц} = \tau_3 + \tau_n + \tau_в,$$

де τ_3 , τ_n , $\tau_в$ – тривалість операції відповідно завантаження, перемішування і вивантаження готової суміші.

3. Число замісів бетонозмішувача за годину:

$$n = \frac{60}{\tau_{ц}}.$$

4. Основний технологічний параметр змішувального відділення – необхідна для забезпечення заданої продуктивності цеху сумарна (загальна) місткість барабанів (чаш) усіх встановлених змішувачів:

$$V_{нб.} = \frac{P_{год.} \cdot \tau_{ц}}{60\beta}.$$

З огляду на величину, роблять підбір типів і конструкцій змішувачів, які серійно виготовляє промисловість з урахуванням властивостей і

особливостей приготвлених сумішей. Кількість змішувачів повинна бути не менше двох [3].

Годинна продуктивність одного бетонозмішувача циклічної дії, м³/год:

$$N_{у.} = \frac{V_{з.} \cdot n \cdot \beta}{1000},$$

де $V_{з.}$ – завантажувальна місткість змішувача, л; n – число замісів за годину; β – коефіцієнт виходу бетону.

5. Фактичну продуктивність бетонозмішувального цеху визначають за такою формулою:

$$P_{год}^{\phi} = \frac{V'_{нб.} \cdot n \cdot z \cdot \beta \cdot k_{г.}}{1000},$$

де $V'_{нб.}$ – геометричний об'єм бетонозмішувача, л; n – кількість змішувачів; z – кількість циклів роботи змішувача на годину; $k_{г.}=1,1$ – коефіцієнт використання технологічного обладнання з врахуванням часу на планово-попереджувальні ремонти.

Відповідно до прийнятого типу і кількості бетонозмішувачів підбирають типу дозаторів, використовуючи дані довідника [3].

Розрахунок технологічних параметрів складів заповнювачів і цементу виконують в такій послідовності:

Параметри складу заповнювачів.

Необхідний вміст складу заповнювачів визначають за формулою, м³:

$$V = \frac{Q \cdot g \cdot n_x \cdot k_1 \cdot k_2}{\gamma_з \cdot \Phi_{п}},$$

де Q – річна виробнича потужність бетонозмішувального цеху; g – витрата заповнювачів на 1 м³ бетону, кг; k_1 – коефіцієнт розпушування заповнювача ($k_1=1,2$); k_2 – коефіцієнт втрат ($k_2=1,02$); $\gamma_з$ – насипна густина заповнювача; $\Phi_{п}$ – число робочих днів в рік; n_x – нормативний запас на складі, в днях роботи цеха: а) для матеріалів місцевих кар'єрів, які доставляються автотранспортом – 4...5 діб; б) для матеріалів, які доставляються автотранспортом здалеку – 6...7 діб; в) для матеріалів, які доставляються

залізничним транспортом – до 10 діб.

Визначають необхідний вміст складів окремо для крупного та дрібного заповнювачів, потім сумують отримані об'єми.

Довжина штабельного складу:

$$L_{\text{ш}} = \frac{V_{\text{ск}}}{H^2 \cdot \text{ctg}\alpha \cdot K_3},$$

де $V_{\text{ск}}$ – об'єм складу (запас матеріалів), м^3 ; H – висота штабеля, м ; α – кут природного відкосу складованих сипучих матеріалів, град. ($\alpha=40^\circ$); рекомендована довжина складу $L_{\text{ш}}$ повинна бути ≤ 50 м (абсолютні значення вказаних параметрів підбирають відповідно до довідника [3]); K_3 – коефіцієнт заповнення складу, $K_3 = 0,85 \dots 0,95$.

Площа штабельного складу, м^2 :

$$S_{\text{ск}} = \frac{2L_{\text{ш}} \cdot H}{\text{tg}\alpha}.$$

Довжина фронту подачі вагонів для розвантаження заповнювачів:

$$L_{\text{под}} = 1,5(\text{м} \cdot l_{\text{в}} + l_{\text{лок}}),$$

де м – число вагонів, які подаються; $l_{\text{в}}$ – довжина вагону, $l_{\text{в}}=14 \dots 16$ м; $l_{\text{лок}}$ – довжина локомотива, $l_{\text{лок}}=25$ м.

Довжина складських колій:

- при пересувних розвантажувачах:

$$L_{\text{ск.к}} = L_{\text{под}} + l_{\text{лок}};$$

- при стаціонарній розвантажувальній машині:

$$L_{\text{ск.к}} = L_{\text{под}} + l_{\text{лок}}.$$

Схеми складів крупного та дрібного заповнювачів проводять відповідно до [1; 2; 3].

Параметри складу цементу.

Необхідний вміст складу цементу розраховують за формулою:

$$V_{\text{ц}} = \frac{Q \cdot \text{Ц} \cdot n_{\text{х}} \cdot k_1}{\Phi_{\text{п}} \cdot \gamma_{\text{ц}}},$$

де Q – річна потужність бетонозмішувального цеху, м^3 ; Ц – витрата цементу на 1 м^3 бетонної суміші, кг ; $n_{\text{х}}$ – нормативний запас цементу на складі, $5 \dots 10$ діб; $k_1 = 1,04$ – коефіцієнт можливих втрат в'язучого при розвантаженні; $\Phi_{\text{п}}$ – число робочих днів в рік; $\gamma_{\text{ц}}$ – насипна густина цементу.

Тип складу цементу підбирають відповідно до довідника [3].

Параметри витратних бункерів змішувального відділення. Вміст витратних бункерів змішувального відділення визначають з огляду на необхідність мати технологічний запас на дві години роботи змішувального відділення. Нормується кількість витратних бункерів: цементу – 2, піску – 2, щебеню (гравію) – 4.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Гоц В. І. Бетони і будівельні розчини : навчальний посібник / В.І. Гоц, В. В. Павлюк, П. С. Шилук. – Київ: Основа, 2016. – 567 с.
2. Волянський О.А. Технологія бетону : навчальний посібник. – К.: Вища шк., 1994. – 271 с.
3. Михайлов К.В. Производство сборных железобетонных изделий : справочник / под ред. К.В. Михайлова и К.М. Королева. – М. Стройиздат, 1989. – 148 с.
4. Дворкін Л.Й. Проектування складів бетону із заданими властивостями : навчальний посібник / Л.Й. Дворкін, Л.О. Дворкін, Ю.В. Гарніш. – Рівне: вид-во Рівненського державного технічного університету, 2000. – 215 с.
5. Кривенко П.В. Будівельне матеріалознавство: підручник / П.В. Кривенко, К.К. Пушкарьова, В.Б. Барановський та ін. – К.: ТОВ УВПК “ЕксОб”, 2006. – 704 с.
6. Цементи загальнобудівельного призначення. Технічні умови: ДСТУ Б В.2.7-46-2010. – [Чинний від 2010-12-14]. – К.: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2010. – 14 с. – (Національний стандарт України).
7. Щебінь та гравій щільні природні для будівельних матеріалів, виробів конструкцій та робіт. Технічні умови. ДСТУ Б В.2.7-75-98. – [Чинний від 1999-01-01]. – К.: Держбуд України, 1999. – 14 с. – (Національний стандарт України).
8. Пісок щільний природний для будівельних матеріалів, виробів конструкцій і робіт. Технічні умови. ДСТУ Б В.2.7-32-95. – [Чинний від 1996-01-01]. – К.: Держкоммістобудування України, 1995. – 17 с. – (Національний стандарт України).
9. Правила застосування хімічних добавок у бетонах і розчинах: ДБН В.2.7-64-97. – [Чинний від 1999-01-01]. – К.: Держбуд України, 1999. – 60 с. – (Національний стандарт України).
10. Будівельні матеріали. Бетони. Правила підбору складу бетону. ДСТУ Б В.2.7-215:2009 – [Чинний від 2010-09-01]. – К.: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2010. – 10 с. – (Національний стандарт України).

11. Цементи. Загальні технічні умови. ДСТУ Б В.2.7-112-2002. – [Чинний від 2002-07-01]. – К.: Держбуд України, 2002. – 39 с. – (Національний стандарт України).

12. Проектування підприємств з виробництва залізобетонних виробів: ДБН А.3.1-8-96 – [Чинний від 1998-04-02]. К.: 1998.

ДОДАТКИ

Додаток А

Характеристики вихідних матеріалів для приготування бетонної суміші (нормативи, вимоги, обмеження)

Таблиця А.1

Умовні позначення

Матеріал	Властивості або характеристики	Позначення	Одиниці вимірювання	Орієнтовна величина
1. цемент	активність	R_c	кг/см ²	400...600
	істина густина	ρ_c	кг/л	3,0...3,1
	насипна густина	γ_c	кг/л	1,2...1,3
	водопотреба тіста нормальної густоти	H_T	%	25...30
	істина густина	ρ_p	кг/л	2,5...2,7
2. пісок	насипна густина	γ_p	кг/л	1,4...1,6
	пустотність	$V_{п.п.}$	%	35...45
	модуль крупності	$M_{кр.}$	-	1,1...2,6
	істина густина	ρ_p	кг/л	2,2...2,7
3. щебінь	насипна густина	γ_p	кг/л	1,3...1,6
	пустотність	$V_{п.п.}$	%	40...50
	крупність	-	мм	5...70
	істина густина	ρ_p	кг/л	2,2...2,7

Таблиця А.2

Рекомендовані марки цементів для бетонів

Проектний клас бетону	Марки цементу	
	рекомендовано	допустимо
B7,5	300	-
B12,5	300	400
B15	400	300...500
B20	400	300...500
B25	400	500...550
B30	500	550...600
B35	550	550...600
B40	600...700	650...700

Примітки:

1. За необхідності застосування цементу високої активності для бетонів відносно низьких марок рекомендовано застосовувати тонкомелені мінеральні добавки.

2. Для бетонів класу B30...B40 з добавкою суперпластифікаторів можна застосувати цемент на одну марку нижче рекомендованої. При виготовленні армованих виробів мінімальна витрата цементу в бетонах на щільних заповнювачах для забезпечення нерозшаровуваності бетонної суміші повинна бути у відповідності з дод. Б (табл. Б.2).

Допустима найбільша крупність заповнювачів (НКЗ)

Вид конструкції та спосіб укладання бетонної суміші	Допустима НКЗ
плити покриття і перекриття	Не більше $1/2$ товщини плити
Балки, колони, рами	Не більше $3/4$ найменшої відстані між стержнями арматури
Укладання бетонної суміші в ковзну опалубку	Не більше $1/6$ найменшого розміру поперечного перерізу конструкції
Подача суміші бетононасосом	Не більше $1/3$ діаметра бетоноводу

**Нормативи, рекомендації, параметри для розрахунку складу і
приготування бетонної суміші**

Таблиця Б.1

**Легкоукладальність бетонних сумішей при формуванні різних
конструкцій залежно від способу укладання та ущільнення бетонної
суміші**

Конструкція, спосіб формування і ущільнення бетонної суміші	Легкоукладальність	
	Жорсткість, с	Рухливість, см
Збірні ЗБК, які формують на вібростолах або вібронасадками з негайною розпалубкою	10...30	-
Багатопорожнинні та інші типи плитних конструкцій, які формують в горизонтальному положенні на вібростолах	5...10	1...4
Густоармовані елементи, які виготовляють із застосуванням зовнішнього або внутрішнього вібрування	3...5	1...4
ЗБК, які формують на ударно-вібраційних установок	20...30	-
ЗБК, які формують в касетах	-	7...10
Центрифуговані ЗБК	-	5...7
Гідропресовані труби	5...10	-
Бетонування монолітних масивних конструкцій	-	10...15
Бетонування монолітних тонкостінних густоармованих конструкцій	-	20...25

**Мінімальна витрата цементу, кг/м³ бетону, для забезпечення
нерозшаровуваності бетонної суміші.**

Марка за легкоукладальністю бетонної суміші	Мінімальна витрата цементу, кг/м ³ , при граничній крупності заповнювачів, мм			
	10	20	40	70
Ж4	170	160	150	140
Ж3	180	170	160	150
Ж2	190	175	165	155
Ж1	200	180	170	160
П1	220	200	190	165
П2	230	210	200	170
П3	240	220	210	180
П4	250	230	220	190
П5	260	240	230	200

Добавки в бетонну суміш.

Вид добавки	Назва	Умовне скорочення	Рекомендована кількість добавки, % від маси цементу
1	2	3	4
пластифікуючі	(сульфіто-дрожжева бражка)	(СДБ)	0,15...0,50
	Sika BV 3M	ЛСТ	0,30...1,50
	Ecoplast LS	ЛСТ-М	0,30...1,50
	суперпластифікатори	СП	0,3...1,50
	Realplast 3N	СПМ	0,3...2,00
уповільнювачі тужавлення	меляс (цукрова патока)	СП	до 0,3
	лігносульфонат технічний	ЛСТ	до 0,3
	Lingering	ЛН	0,1...0,3
	метилсиліконат натрію	ГКЖ-11	0,1...0,2
прискорювачі твердіння	сульфат натрію	СН	1,0...2,0
	нітрат натрію	НН	до 3,0
	нітрат кальцію	НК	до 3,0
	нітрит-нітрат-хлорид кальцію	ННХК	до 3,0

Для нотаток

Навчально-методичне видання

ВИРОБНИЧІ ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ ОБ'ЄКТІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Методичні вказівки
до виконання індивідуального завдання
для студентів спеціальностей
122 «Комп'ютерні науки» (освітня програма ІУСТ)
і 141 «Електроенергетика, електротехніка
та електромеханіка» (освітня програма ЕСА та Е)

Укладачі **ГОЦ** Володимир Іванович,
ЛАСТІВКА Олесь Васильович

Випусковий редактор *В.С. Сасько*
Комп'ютерне верстання *Д.М. Ніколаєвич*

Підписано до друку 25.05.2023. Формат 60x84_{1/16}
Ум. друк. арк. 1,86. Обл.-вид. арк. 2,0.
Електронний документ. Вид. № 24/III-23

Видавець і виготовлювач:
Київський національний університет будівництва і архітектури
Повітрофлотський проспект, 31, Київ, Україна, 03037

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єктів
видавничої справи ДК № 808 від 13.02.2002 р.