

Національний університет
«Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
Навчально-науковий інститут архітектури, будівництва та землеустрою
Кафедра будівництва та цивільної інженерії

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної магістерської роботи
на тему:

«Дослідження властивостей будівельних розчинів з відходами виробництва»

Виконав:	В.С. Лебедєв
студент групи 601-БТ	
спеціальності 192 – будівництво та цивільна інженерія, ОП «Технології будівельних конструкцій, виробів і матеріалів»	
Керівник	О.М. Гукасян
Завідувач кафедри	О.В. Семко
Рецензент	А.І. Дранчук

Полтава 2025

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ.....	5
1.1. Класифікація і призначення будівельних розчинів.....	5
1.2. Матеріали для будівельних розчинів.....	7
1.3. Визначення складу будівельних розчинів.....	9
1.4. Штукатурні розчини.....	13
1.5. Декоративні розчини і суміші.....	16
1.6. Розчини і суміші для спеціальних штукатурок.....	20
1.7. Установа для гашення вапна.....	22
1.8. Розчинозмішувальні машини.....	26
1.9. Розчинозмішувальні установки.....	29
РОЗДІЛ 3. МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ.....	36
3.1. Планування експерименту.....	36
3.2. Методика випробувань будівельних розчинів.....	38
3.2.1 Визначення розшаровування розчинової суміші.....	38
3.2.2 Визначення водоутримуючої здатності розчинової суміші.....	39
3.3. Визначення якості цементу.....	41
3.4. Визначення якості піску.....	42
3.5. Визначення якості дефекату.....	42
РОЗДІЛ 4. ХАРАКТЕРИСТИКА ВИХІДНИХ МАТЕРІАЛІВ.....	43
4.1. Оцінка якості цементу.....	43
4.2. Оцінка піску.....	43
4.2. Оцінка дефекату.....	44
РОЗДІЛ 5. ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДІВ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	45
5.1. Підбір складів розчинів.....	45
5.2. Дослідження впливу витрат дефекату і цементу на властивості розчинової суміші та розчину (марки розчинів 150-300).....	45

5.2.1. Дослідження впливу витрат дефекату та цементу на міцність розчину у віці 7 діб.....	47
5.2.2. Дослідження впливу витрат дефекату і цементу на міцність розчину у віці 28 діб.....	49
5.2.3. Дослідження впливу витрат дефекату і цементу на розшаровуваність розчинової суміші	52
5.2.4. Дослідження впливу витрат дефекату і цементу на водоутримуючу здатність розчинової суміші.....	53
РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ.....	56
6.1. Бетонні роботи.....	56
6.2. Порядок виконання робіт	57
6.3. Організація робочих місць	62
ВИСНОВКИ.....	65

ВСТУП

Сучасна будівельна індустрія споживає багато видів матеріалів, що в цілому можна класифікувати по виду сировини і способу виробництва, а також за призначенням.

З огляду на пріоритети розвитку житлового будівництва, особливо малоповерхового, необхідні відповідні зміни в структурі промисловості, і, відповідно, збуту, будівельних матеріалів.

Загальний розвиток науки про будівельні розчини дозволяє, певною мірою, управляти властивостями цих матеріалів з позицій ресурсозбереження і енергозбереження, забезпечення високої якості готової продукції, і тому залишається одним з актуальних напрямів досліджень в технології будівельного виробництва

У перспективі розвиток галузей промисловості будівельних розчинів пов'язаний з реконструкцією технічної бази, подальшим впровадженням механізації та автоматизації технологічних процесів, розширенням випуску нових будівельних розчинів, зручних та економічних і виробів поліпшеної якості. Важливим напрямом є комплексне використання сировини, ширше впровадження матеріалів, попутного видобутку вторинної сировини, неухильне підвищення якості виробів для будівництва. Географія галузі має вдосконалюватися з урахуванням подальшого комплексного розвитку економічних районів та областей України, повного забезпечення обсягів будівельно-монтажних робіт.

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1. Класифікація і призначення будівельних розчинів

Будівельними розчинами [1] називають суміші, одержані шляхом ретельного змішування попередньо здозованих неорганічних в'язучих, дрібних заповнювачів, води і пластифікуючих добавок (хімічних речовин і тонкодисперсних порошоків). З часом такі суміші тверднуть і перетворюються в міцні каменеподібні тіла, які з'єднують між собою окремі елементи або конструкції при будівництві різних будівель і споруд, або застосовуються для виконання оздоблювальних робіт і обладнання спеціальних захисних покриттів.

В залежності від конструктивно-технологічного призначення і умов експлуатації будівель і споруд застосовують різні види будівельних розчинів:

- для кам'яної і цегельної кладки стін (мурувальні розчини);
- для замонолічування стиків при монтажі збірних залізобетонних конструкцій;
- для влаштування стяжок під підлоги і рулонну покрівлю;
- для штукатурних та інших видів оздоблювальних робіт;
- для спеціальних робіт.

В залежності від складу і фізико-механічних властивостей будівельні розчини поділяють:

- за середньою густиною в сухому стані - на важкі ($>1500 \text{ кг/м}^3$) і легкі ($<1500 \text{ кг/м}^3$);
- за видом в'язучого і особливостями складу - на прості з використанням одного виду в'язучого (цемент, вапно, гіпс та ін.) та складні (або змішані) з використанням змішаних в'язучих (цементно-вапняні, цементно-глиняні, вапняно-шлакові, вапняно-зольні, вапняно-гіпсові тощо).

До основних показників якості розчину, незалежно від його призначення, відносяться:

для розчинної суміші:

- рухливість;

- водоутримувальна здатність;

- розшаровувальність;

для розчину:

- міцність на стиск у певному віці;

- морозостійкість.

Залежно від рухомості розчинні суміші поділяють на марки за табл. 1.1 (для мурувальних розчинів);

Таблиця 1.1

Марки розчинної суміші

Марка	Норма за рухомістю, см	Призначення розчинної суміші
П4	1-4	Бутова кладка, ущільнена вібруванням
П8	4-8	Бутова кладка з порожнистої цегли і каменів, монтаж стін з великих блоків і панелей, розширення горизонтальних і вертикальних швів у стінах панелей і блоків, облицювальні роботи
П12	8-12	Кладка із звичайної цегли і різного виду каменів, штукатурні та облицювальні роботи
П14	12-14	Заповнення порожнин у бутовій кладці

Для будівельних розчинів встановлені такі марки за міцністю на стиск: М4, М10, М25, М50, М75, М100, М150, М200. Марку міцності розчину на осьовий стиск призначають і контролюють у всіх випадках.

Для розчину, який піддається поперемінному заморожуванню та розморожуванню у зволоженому стані в конструкціях будівель і споруд, призначають та контролюють марки за морозостійкістю: F10, F15, F25, F35, F50, F75 [2].

Водоутримувальна здатність розчинної суміші, що визначається в лабораторних умовах, повинна бути не менше:

90% - при приготуванні в зимових умовах;

95%- при приготуванні в літніх умовах.

Водоутримувальна здатність розчинної суміші, що визначається на місці проведення робіт, повинна бути не менш 75% водоутримувальної здатності, встановленої в лабораторних умовах.

Розшаровувальність розчинної суміші не повинна бути більша 10%. При приготуванні розчинної суміші дозування всіх складових необхідно вести за масою. Пористі заповнювачі, воду і добавки в рідкому стані допускається дозувати за об'ємом. Похибка дозування не повинна перевищувати:

2% для в'язучих, води і добавок;

2,5% для заповнювачів.

Температура розчинних сумішей, що застосовуються взимку, повинна бути не менше 5°C. Вода для змішування повинна мати температуру не більше 80°C.

1.2. Матеріали для будівельних розчинів

Для приготування будівельних розчинів треба застосовувати матеріали, що відповідають чинним стандартам. Сумарна питома активність природних радіонуклідів у матеріалах, що застосовуються, не повинна перевищувати норми, встановленої для відповідного виду (класу) будівництва [1].

Як в'язуче для приготування будівельних розчинів можна застосовувати такі матеріали:

1. Клінкерні цементи загальнобудівельного призначення згідно з вимогами [8] переважно типу III, IV, V, марка цементу залежить від марки розчину і умов експлуатації будівель і споруд. Застосування цементів типу I і II потребує спеціального обґрунтування.

2. Низькоактивні безклінкерні композиційні в'язучі згідно з [9] які одержують шляхом подрібнення гранульованого доменного шлаку разом із вапном та різними відходами металургійної, хімічної та інших галузей промисловості. Такі в'язучі поділяють на марки 50, 100, 150, 200 та 250. Будівельні розчини, як і бетони на таких в'язучих, не рекомендується застосовувати в конструкціях, що підлягають систематичному наперемінному заморожуванню та розморожуванню, зволоженню та висиханню. Для

збільшення морозостійкості таких в'язучих рекомендується вводити портландцемент.

Початок тужавлення низькоактивних безклінкерних в'язучих має настати не раніше 45 хв. і закінчитися не пізніше 24 год. від початку замішування. Тонкість помелу оцінюється залишком на ситі № 008 не більше 10% від маси проби, що просіювалась.

3. Вапно для виготовлення змішуваних мурувальних і оздоблювальних розчинів повинно задовольняти вимогам [10] гіпс [11].

4. Для виготовлення кольорових цементнопіщаних штукатурних розчинів належить застосовувати кольорові цементи за [12], природні або штучні пігменти [13], [14].

5. В залежності від виду та призначення будівельних розчинів належить застосовувати різні види заповнювачів.

Як заповнювач в штукатурних розчинах належить застосовувати пісок для будівельних робіт з модулем крупності від 1,0 до 2,2. Вміст зерен розміром більше 2,5 мм в пісках для таких розчинів не допускається. В розчинах для опоряджувального шару не допускається наявність зерен піску крупністю понад 1,25 мм.

Для декоративних розчинів можна застосовувати спеціальні заповнювачі, наприклад, миті піски, крихта подрібнених гірських порід (гранітна, мармурова, керамічна, скляна і т.п.).

Для легких розчинів як заповнювач треба застосовувати пористі спучені піски [15], а золу виносу [16].

6. Для одержання рухомих таких, що не розшаровуються, розчинних сумішей, а також для прискорення зростання міцності розчину, підвищення морозостійкості тощо до їх складу належить вводити різні види добавок (пластифікуючі, повітровтягуючі, прискорювачі або уповільнювачі тужавлення і тверднення, протиморозні та ін.). Такі хімічні добавки не повинні викликати шкідливих наслідків у період експлуатації будівель (руйнування матеріалів, корозію, висоли, шкідливо впливати на здоров'я людей та ін.). В більшості

випадків, для будівельних розчинів можна застосовувати хімічні добавки таких же типів і модифікацій, як і для бетонів різних видів.

Для підвищення якості, і ефективності будівельних розчинів широко застосовують, особливо в цементних розчинах, неорганічні пластифікуючі добавки у вигляді високодисперсних матеріалів. Це вапно, глина, цементний пил з електрофільтрів при виробництві цементу, карбідний мул, зола-виносу і зола гідровидалення ТЕЦ, золошлакові суміші та ін.

Для підвищення рухливості будівельних розчинів застосовують також органічні пластифікатори-мікропіноутворюючі (милонафт, ЦНИПС-1, смоли деревинно-омилену СДО, абістат натрія у вигляді препарату СНВ і інші речовини, які мають у своєму складі поверхнево-активні речовини гідрофобного типу). Добавка таких речовин в дуже малих дозах (менше 1 % від маси цементу) при її приготуванні забезпечує втягування в розчинну суміш бульбашок повітря мікроскопічних розмірів. Як наслідок виникає більш досконала структура розчинної суміші, значно зменшується граничний опір зсуву цієї системи і її структурна в'язкість.

Як добавку для підвищення рухливості застосовують також комплексний органічний пластифікатор, це емульсія кубових залишків синтетичних жирних кислот у воді у присутності добавки лігносульфанату технічного.

Найбільш поширеними мінеральними пластифікаторами для будівельних розчинів є вапно у вигляді вапняного тіста з середньою густиною 1400кг/м³ і глина у вигляді глиняного тіста з глибиною занурювання в нього стандартного конуса "Строй-ЦНИЛ" 13... 14 см, або у вигляді порошку грубого помелу.

1.3. Визначення складу будівельних розчинів

Для визначення складу будівельних розчинів [3] для кам'яної кладки, монтажу стінових блоків і панелей і т.п. застосовують емпіричну формулу міцності розчину у віці 28 діб тверднення у стандартних умовах :

$$P = \frac{R_n Q_n}{1000} (763 + 2,4 R_n Q_n - 0,002 R_n^2 Q_n^2) \quad (1.1)$$

де R_n – активність в'язучого, кг/см²;

Q_n – витрати в'язучого на 1 м³ піску, кг.

Експериментальні дослідження показали, що об'єм розчину завжди менший від об'єму піску, який було витрачено для приготування розчину. Тому відношення цих об'ємів (коефіцієнт виходу розчину) завжди менший за одиницю. Витрату в'язучого на 1 м³ розчину визначають діленням витрати в'язучого на 1 м³ на коефіцієнт виходу розчину. Необхідні дані для користування зазначеною формулою наведені в табл. 1.2, що складена на основі результатів багатьох експериментальних досліджень.

У випадку застосування в'язучих, що відрізняються активністю $R_{эф}$ від наведених у табл. 1.2, витрату в'язучого на 1 м³ піску визначають за формулою:

$$Q_{эф} = \frac{R_n Q_n}{R_{эф}}, \quad (1.2)$$

де $R_n Q_n$ – значення приймають за табл. 1.2 для даної марки розчину.

В таблиці 1.2 наведені витрати в'язучих для змішаних цементно-вапняних і цементно-глиняних розчинів і піску в рихлонасипному стані при вологості 3...7 %, що відповідає вимогам стандарту. Якщо розчини без добавки вапна або глини, витрати в'язучого встановлюють на основі лабораторних даних з урахуванням виходу розчину.

Витрати в'язучого на 1 м³ піску з вологістю 3...7% залежно від умов експлуатації будівель мають бути не нижчими від наведених у табл. 1.3 [4].

У розчинах на цементах високих марок для економії цементу рекомендується застосовувати активні мінеральні добавки (АМД) (гранульовані мелені доменні шлаки, золи-виносу тощо). Вміст АМД залежить від виду і активності цементу, призначення та марки розчину і має встановлюватися експериментально. Золивиносу допускаються для розчинів на портландцементі марки 300...400 для кам'яної кладки в літніх умовах у кількості не більше 20% маси цементу.

Кількість неорганічних пластифікаторів (вапняного чи глиняного тіста) на 1 м³ піску визначають за формулою, м³:

$$V_q = 0,017(1 - 0,002Q_v), \quad (1.3)$$

де Q_v – витрата в'язучого на 1 м³ піску, кг.

Таблиця 1.2

Дані для розрахунку мурувальних розчинів

В'язуче	Марка розчину, кг/см ²	Рекомендовані марки в'язучого, кг/см ²	R _b Q _b	Витрати в'язучого на 1 м ³ ,	
				піску	розчину
1	2	3	4	5	6
Портландцемент та його різновидності	300	500	230	460	510
		400		575	610
	200	500	180	360	410
		400		450	490
	150	500	140	280	330
		400		350	400
	100	300	102	470	510
500		205		245	
75	400	81	255	300	
	300		340	385	
50	200	56	160	195	
	300		200	240	
25	200	31	270	310	
	300		405	445	
В'язучі за ДСТУ Б В.2.7-22-95	25	400	31	140	175
		200		185	225
	10	300	14	280	325
		200		105	135
	4	150	14	155	190
		100		206	240
4	50	14	310	330	
	25		93	110	
4	100	14	140	165	
	50		280	320	
4	50	14	120	145	
	25		240	270	

Таблиця 1.3

Витрати в'язучого в залежності від виду розчину і його призначення

Призначення розчину	Вид розчину	Мінімальна витрата в'язучого, кг на 1 м ³ піску
Надземні конструкції при вологості повітря у приміщеннях до 60%, фундаменти у маловологих ґрунтах	Цементно-вапняний	75
	Цементно-глиняний	100
Те саме, але вологість повітря у приміщеннях понад 60%, фундаменти у вологих ґрунтах	Цементно-вапняний	100
	Цементно-глиняний	125

При використанні кам'яних матеріалів із підвищеним водопоглинанням у районах із жарким сухим кліматом витрата вапняного тіста може бути збільшена у 1,5 рази.

Для розрахунку складу мурувального розчину складають пропорцію об'ємних частин, тобто відношення між об'ємами в'язучого, пластифікуючої добавки, (наприклад, вапняного тіста) і піску, при цьому об'єм в'язучого приймають за одиницю:

$$1: \frac{V_a}{V_s}: \frac{1}{V_s}, \quad (1.4)$$

Витрату в'язучого на 1 м³ піску в одному кубометрі розчину приймають за даними таблиці 1.4. Витрату в'язучого за об'ємом знаходять за формулою:

$$V_n = \frac{Q_n}{\rho_n^{\text{нас}}}, \quad (1.5)$$

де Q_n – витрата в'язучого на 1 м³ піску, кг;

$\rho_n^{\text{нас}}$ – насипна густина в'язучого у розпушеному насипному стані, кг/м³.

Величину $\rho_n^{\text{нас}}$ приймають залежно від виду в'язучого та його марки:

200...500 – 1100 кг/м³ (цементи);

100... 150 – 900 кг/м³;

25...100 – 700 кг/м³.

Дозування добавки неорганічного пластифікатора, вапняного або глиняного тіста, виконують по об'єму в кубічних метрах або в літрах. При цьому вапняне тісто повинно мати середню густину 1400 кг/м³, а глиняне – від 1300 до 1600 кг/м³ залежно від жирності глини. Вміст води у глиняному тісті повинен забезпечити глибину занурювання стандартного конуса 13...14 см.

Витрата води на 1,0 м³ піску для одержання розчинової суміші заданої рухливості 9...10см для цементно-вапняних та цементно-глиняних розчинів визнача-

ється за формулою:

$$V=0,5(Q_a+Q_n), \quad (1.6)$$

де Q_a та Q_n - витрата в'язучого та неорганічного пластифікатора 1 м³ піску, кг.

Застосування органічних пластифікаторів-мікропіноутворювачів допускається в цементних і цементно-вапняних розчинах на клінкерному цементі та природному піску. Не рекомендується в цементно-глиняних розчинах, а також у розчинах на низькоактивних в'язучих за ДСТУ Б В.2.7-22-95 (вапняно-шлаковому, вапняно-зольному тощо).

Середня густина розчину при частковій або повній заміні вапна не повинна знижуватися більш як на 6%.

1.4. Штукатурні розчини

Штукатурні розчини застосовують для цегельних, дерев'яних, гіпсових і бетонних поверхонь в умовах будівельного майданчику (так званий мокрий спосіб оздоблювання) [5].

Для звичайних штукатурок застосовують цементні, цементно-вапняні, вапняні, вапняно-гіпсові, гіпсові, глинисто-вапняні і т.п. в'язучі.

Вибір і застосування розчинів для звичайних штукатурок в залежності від

умов експлуатації будівель роблять відповідно до даних наведених у табл. 1.4.

В'яжучі для розчинів застосовують згідно з рекомендаціями наведеними у табл. 1.5.

Як заповнювач для звичайних штукатурок застосовують пісок, який відповідає вимогам державного стандарту на пісок для будівельних робіт. Найбільший розмір зерен піску для підготовчих шарів (обризгу і ґрунту) не більше 2,5 мм, для оздоблювального шару (накривки) - 1,2 мм.

Рухливість розчинів для різних шарів штукатурки приймають за табл. 1.6.

Для підвищення рухливості штукатурних розчинів можна застосовувати органічні пластифікатори - мікропіноутворювачі. Для розчинів з добавкою гіпсу при необхідності слід добавляти уповільнювачі тужавлення (мездровий і кістковий клеї, загашене вапно тощо).

Таблиця 1.4

Рекомендовані розчини в залежності від умов експлуатації приміщень та конструкцій

Умови експлуатації приміщень та конструкцій	Рекомендовані розчини
1.Приміщення з відносною вологістю повітря більше 60%, а також зовнішні стіни, цоколі, карнизи тощо, які піддаються систематичному зволоженню	Цементні і цементно-вапняні
2.Коли вологість менша 60%, а також зовнішні стіни, які не піддаються системному зволоженню: а)зовнішні кам'яні та бетонні стіни, а також внутрішні кам'яні та бетонні стіни,перегородки та перекриття; б)зовнішні та внутрішні кам'яні, деревинні та гіпсові стіни(в районах зі стійким сухим кліматом); в)внутрішні дерев'яні та гіпсові стіни і перегородки.	Вапняні і цементно-вапняні Вапняно-гіпсові і Глинисто вапняні Вапняно-гіпсові і гіпсові

Склад штукатурних розчинів для зовнішньої штукатурки стін, цоколів, карнизів і т.п., які піддаються систематичному зволоженню, а також внутрішніх приміщень з вологістю більше 60 % наведено в табл. 1.7.

Штукатурні роботи взимку в приміщеннях, що обігріваються, при температурі повітря не нижче 10°C виконують із застосуванням таких самих розчинів, як і

в літніх умовах.

Таблиця 1.5

Рекомендовані в'язучі залежно від виду штукатурки

Вид штукатурки	Вид поверхні	Рекомендовані в'язучі
Зовнішня – для стін,цоколів, карнизів і т.п., які піддаються систематичному зволоженні, а також внутрішня – для стін, перегородок, перекриття у приміщеннях з вологістю більше 60%	Кам'яна і бетонна	Пуцолановий п/цемент, шлакопортландцемент, портландцемент марок 200...300
Зовнішня – для будівеля, які не піддаються систематичному зволоженні	Кам'яні і бетонні	Вапно,вапняно-шлакові в'язучі. ПЦ марки 300
	Дервяні та гіпсові	вапна з глиною, гіпсом
Внутрішня – для стін, перегородок і перекриттів у приміщеннях з вологістю до 60%	Кам'яні і бетонні	Вапно, вапно з добавкою гіпсу, порт ланд цемент, глина

Таблиця 1.6

Значення рухливості розчинів залежно від їх призначення

Призначення розчину	Занурювання стандартного конуса, см	
	для механізованого нанесення	для ручного нанесення
Розчин для набризгу	9...14	8...12
Розчин для ґрунту	7...8	7...8
Розчин для накривки:	а) з гіпсом	9...12
	б) без гіпсу	7...8

Якщо температура повітря від 5°C до 8°C, то температура розчинів повинна бути не нижча +8°C.

Для зниження температури замерзання розчинів до їхнього складу необхідно добавляти протиморозні хімічні добавки (поташ, нітрит натрію, нітрат кальцію з сечовиною), що забезпечують тверднення розчинів при від'ємній температурі.

Таблиця 1.7

Рекомендовані види і склад розчину для зовнішньої штукатурки

Вид поверхні	Вид і склад розчину			
	цементні	цементно-вапняні	вапняні	вапняно-гіпсові
Для набризгу				
Кам'яні і бетонні	1 : 2,5-4	1 : 0,3 - 0,5 : : 3-5	—	—
Для ґрунту				
Кам'яні і бетонні	1:2-3	1 : 0,7 - 1 : : 2,5-4	—	—
Зовнішня штукатурка стін, які систематично не зволожуються і внутрішніх приміщень з вологістю до 60%				
Для набризгу				
Кам'яні і бетонні	—	1 : 0,5 - 0,7 : :4-6	1 : 2,5 : 4	—
Дерев'яні і гіпсові	—	—	—	1 : 0,3 : 1 : :2-3
Для ґрунту				
Кам'яні і бетонні	—	1,0 : 0,7 - 1 : 3-5	1:2-3	—
Дерев'яні і гіпсові	—	—	—	1 : 0,5-1,5 : : 1,5-2
Для накривки				
Кам'яні і бетонні	1 : 1 - 1,5	—	1 : 1-1,5	—

1.5. Декоративні розчини і суміші

Декоративні розчини і суміші застосовують при оздоблюванні в заводських умовах лицевих поверхонь стінових панелей і блоків, а також для оздоблювання фасадів будівель і інтер'єрів [6].

Залежно від виду оздоблювання застосовують:

- декоративні розчини (цементно-піщані, вапняно-піщані, теразитові і каменеподібні);
- декоративні суміші (полімер-цементні, цементно-перхлорвінілові, цементно-колоїдні тощо).

Декоративні розчини і суміші (композиції) повинні мати певні технологічні і фізико-механічні властивості – необхідну міцність при стиску, зчеплення з оздоблюваною поверхнею, а також морозостійкість, світлостійкість, водостійкість.

Вибір в'язучих для розчинів і сумішей треба вибирати згідно з табл. 1.8.

Таблиця 1.8

Рекомендовані в'язучі для розчинів і суміші залежно від оздоблювальної поверхні

Вид оздоблювальної поверхні	В'язучі для розчинів і сумішей
1. Лицеві поверхні залізобетонних панелей і панелей з легких бетонів	Портландцементи кольорові
2. Те саме - панелей і блоків із силікатного бетону	Вапно, портландцементи кольорові, цементно-колоїдний клей (КЦК), полімерцементи
3. Фасади будівель із панелей і блоків, цегельні	Вапно, портландцементи кольорові
4. Інтер'єри в панельних і блочних будівлях	Гіпсополімерцемент (ГПЦ), КЦК, цементно-перхлорвініл (ЦПХВ)
5. Інтер'єри в цегельних будівлях	Вапно, гіпс, ГПЦП, ЦПХВ

Для кольорових цементно-піщаних штукатурок застосовують кольорові цементи. Для забарвлення розчинів треба застосовувати світлостійкі, лугостійкі і кислотостійкі природні і штучні пігменти.

Білі пігменти: вапно, мармурна мука, білий цемент тощо. Тонина помелу пігменту повний прохід через сито 1600 отв/см² і залишок на ситі 3600 отв/см² не більше 2%.

Рухливість декоративних розчинів залежить від їх складу, призначення і способу нанесення від 6 до 12 см.

Як заповнювачі декоративних розчинів застосовують промиті кварцеві піски, крихту дроблених гірських порід.

Для надання блиску оздоблювального шару декоративної штукатурки в розчин добавляють слюду, дроблене скло.

Для кольорових оздоблювань фасадів і інтер'єрів застосовують гранітну, скляну, керамічну, сланцеву, пластмасову крихту розміром 2...5 мм на клеючому полімерцементному розчині (зовнішнє оздоблювання) і водоемульсійній фарбі (для інтер'єрів).

Теразитові суміші – це ретельно змішані сухі матеріали: цемент, заповнювачі, пігменти, а іноді і спеціальні добавки. Залежно від крупності заповнювачів, теразитові суміші поділяють на три марки: дрібні Д (до 2 мм), середні С (до 3...4 мм) і крупні К (до 5...6 мм).

Теразитову суміш замішують з водою і наносять на поверхню одним або кількома шарами.

Складові деяких теразитових декоративних розчинів наведені в табл. 1.9 [4].

Таблиця 1.9

Склад теразитових декоративних розчинів

матеріал	Склад розчину, частини об'єму при кольорі				
	білий	жовтий	червоний	коричневий	зелений
Цемент	1	1,5	1	1,5	1
Вапно-пушонка	3	4	3	3	3
Пісок кварцовий білий	–	9	5	11	6
Мармурова крошка	6	4	3	–	8
Мармурова пудра	1,5	1	–	–	–
Слюда(відсоток від об'єму цементу)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Пігмент (відсоток від маси сухої суміші без крошки та піску) Охра	–	2	–	–	–
Умбра	–	–	–	0,5	–
Окис хлору	–	–	–	–	2
Сурик залізний	–	–	–	2,5	–

Для оздоблювання фасадного боку панелей в процесі формування на заводі ЗБК застосовують теразитові суміші з білого цементу і кольорової кам'яної крошки (співвідношення 1:4 до 1:5). Витрату води підбирають так, щоб рухливість теразитового розчину була 2...3 см. Після укладання і ущільнення

оздоблювального шару поверхню виробу обробляють розпиленою водою, щоб освіжити поверхню частинок кам'яної крошки.

Кам'яні суміші в основному складаються із білого або кольорового цементу (інколи з добавкою до 5% вапняного тіста), крошки різних кам'яних порід, пігментів, слюди (до 10% об'єму заповнювача). Залежно від їхнього складу з таких сумішей після затверднення і обробки спеціальними інструментами імітуються різні природні кам'яні породи. В табл. 1.10 наведено деякі рецептури кам'яних сумішей.

Таблиця 1.10

Склад кам'яних сумішей, які імітують природні кам'яні породи

Компоненти	Масова доля, %	Імітація природної кам'яної породи
1. Білий портландцемент Крошка білого вапняку	25 75	Білий вапняк
Білий портландцемент Вапняне тісто Крошка білого вапняку	20 5 75	
2. Білий портландцемент 90%, портландцемент 4%, охра 2%, залізний сурик 4%	25	Червоний граніт
Червона гранітна крошка 40% Сіра гранітна крошка 40% Крошка лабрадориту 20%	75	
3. Портландцемент 95%, Граніт 5%	30	Сірий граніт
Крошка сірого граніту 75% Крошка лабрадориту 25%	70	

Каменеподібні штукатурки наносять на поверхні з підготовчим шаром із розчину марки не нижче 50. Суху суміш, яка має в своєму складі кам'яну крошку, замішують водою в кількості, достатній для штукатурки всього фасаду або певної його частини.

Після набризгу поверхні рідким розчином і нанесення ґрунту, наносять шар покриття кам'яною штукатуркою і ущільнюють його дерев'яним брусом шириною 60...70 мм. Поверхню затирають і витримують протягом 6...8 діб,

змочуючи водою в перший день три – чотири рази, а в наступні дні по п'ять – шість разів. Потім перевіряють міцність штукатурки – коли вона достатня, крошка шару покриття сколюється, а не втеплюється в товщу розчину. Обробляється поверхня залежно від заданої фактури різними способами.

1.6. Розчини і суміші для спеціальних штукатурок

Гідроізоляційні штукатурки – це звичайні штукатурні цементно-пісчані розчини з хімічними ущільнюючими добавками. В табл. 1.11 наведено варіанти рецептур таких розчинів [6].

Таблиця 1.11

Варіанти рецептур гідроізоляційної штукатурки

Основні компоненти (цемент:пісок)	Добавки (в відсотках) за масою цементу, в перерахунку на суху речовину
1:2	Алюміній натрію 3...5%
1:3	Водорозчинна діетиленгліколева смола (ДЕГ) – 2...5%
1:2(цемент ВРЦ)	–
1:2(вібродомел цементу та піску до питомої поверхні 5000 см ² /г)	Азотно-кислий кальцій – 0,5...1,0% Стабілізована дисперсія латексу МХ-80 – 0,005...0,1
1:3	Сульфат алюмінію – 1...2%
1:3	Рідке скло – 5..10%
1:2	Епоксидна смола ЕД – 16,2 – 1,8...2,0%

Для гідроізоляції конструкцій і споруд застосовують також спеціальні холодні асфальтові мастики (в табл. 1.12 наведені рецептури в процентах за масою).

Це однорідні сметаноподібні мастики з бітумної емульсійної пасти з мінеральним заповнювачем. Наносять одним або кількома шарами.

Розчини для гідрофобної штукатурки – цементно-вапняно-пісчані і глиняні розчини, в які разом з водою замішування вводять кремнійорганічну добавку (фенілетоксисилосан 113-63).

Після затвердіння розчину поверхню штукатурки обробляють кремнієорганічними гідрофобізаторами (для цементу -ГКЖ-94, гіпсу - ГКЖ-10,11). При виборі гідрофобізатора для різних штукатурок треба враховувати хімічний склад в'язучого для одержання в них стійкого гідрофобного шару.

Таблиця 1.12

Склад асфальтових мастик для гідроізоляції конструкцій і споруд

Компоненти			Спосіб нанесення
бітумна емульсійна паста	сухий наповнювач	вода	
Мастика для гідроізоляційної штукатурки і покрівель			
80...90	10...20	0...10	Розчиномасом
80...90	7...20	3...13	Асфальтометом, розчинометром
70...80	20...25	0...5	Вручну або литим способом
65...75	20...30	0...5	Литим способом з ущільненням
Мастика для заповнення деформаційних швів			
40...50	40...30	10...2	Розчиномасом
50...60	30...40	10...2	Асфальтометом, розчинометром

Розчини для кислотостійких штукатурок – це суміш рідкого скла, кислотостійкого наповнювача і полімерних добавок, які підвищують водостійкість таких розчинів. Як в'язуче застосовують рідке скло двох видів – натрієве з силікатним модулем 2,4...2,8 і густиною 1,38...1,40г/см³ і калієве з силікатним модулем 3...3,2 і густиною 1,30...1,32г/см³.

Варіант складу кислотостійкого розчину (в масових долях компонентів): кремнефтористий натрій – 0,15, рідке скло – 1,0, тонкомелений наповнювач – 1,05, пісок кварцовий – 3,3.

Розчини для теплоізоляційних і вогнезахисних штукатурок – це сухі суміші цементу або інших в'язучих (гіпс, вапно) і легких заповнювачів (перліт, вермикуліт, пемза, шлаки, тощо), які перед застосуванням замішують до потрібної консистенції водою.

Розчини для акустичних штукатурок – це легкі розчини з середньою густиною 600...1200 кг/м³. Звукоізоляційні властивості штукатуркам надають покривні шари товщиною 10 мм із розчинів з легким заповнювачем. Такі шари наносять ще по сирому, ледве затверділому ґрунті з цементно-піщаного розчину 1:3,5...4 з добавкою 10% вапна або цементно-вапняного розчину 1:0,5...4 (до маси цементу).

Розчин для рентгенозахисних баритових штукатурок. Це важкі розчини із середньою густиною більше 2200 кг/м³, які застосовують при влаштуванні рентгенокабінетів і інших подібних приміщень.

Варіант рецептури баритової штукатурки (об'ємні частини): портландцемент М400 – 1,0; вапняне тісто – 0,25; баритовий пісок – 4,0; вода – до потрібної консистенції.

Для захисту від іонізуючих випромінювань – серпантинова штукатурка(об'ємні частини): цемент -1,0; пісок – 3,24; карбід бору – 0,96; вода – 3,24.

1.7. Установа для гашення вапна

Після випалу вапняку утворюється грудкове вапно у вигляді кусків різних розмірів. При змочуванні такого вапна водою відбувається гашення – підвищується температура, вода кипить, грудки руйнуються і перетворюються залежно від кількості води, що додають в дуже високодисперсний порошок (при обмеженій кількості води), вапняне тісто або вапняне молоко (з надлишком води).

Практично на всіх бетонорозчинних заводах, цехах і установках вапно у вигляді тіста або вапняного молока широко застосовують як добавку-пластифікатор при виробництві цементно-вапняних і вапняних розчинів різного призначення (муру-вальні, штукатурні та інші види розчинів). Тому завжди доцільно і ефективно виконувати гашення грудкового вапна безпосередньо в системі бетоно-розчинних заводів і установок, оскільки перевезення як вапняного тіста, так і особливо вапняного молока на далекі відстані зовсім не вигідно [5].

Промисловість виготовляє машини різних видів для гашення вапна. Процес гашення в цих машинах (як циклічної, так і безперервної дії) може відбуватися без відходів і з відходами .

На рис.1.7.1. показана конструкція вапногасильної машини СМ-1247 барабанного типу. В барабані 2, що обертається, відбувається подрібнення, змішування грудкового вапна з водою і утворення вапняного молока. Барабан обертається на опорних котках.

Барабан – це зварений циліндр, на одному торці якого закріплено днище з люком для подання грудкового вапна і води, на другому торці є решітка 3 для безперервного зливання вапняного молока з барабану в зливний лоток.

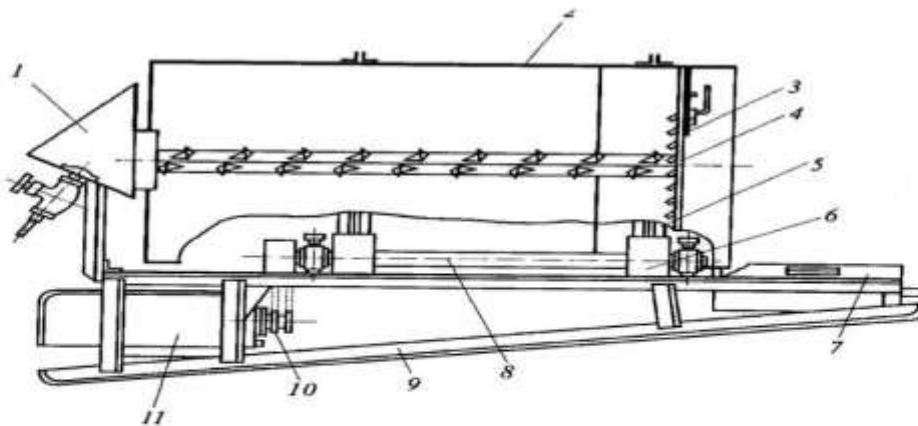


Рис. 1.7.1. Вапногасильна машина барабанного типу.

1 – завантажувальний бункер; 2 – барабан; 3 – решітка; 4 – гребінка зубчата;
5 – бандаж; 6 – опорний каток; 7 – зливний лоток; 8 – привідний вал; 9 – рама;
10 – клиноремінна передача; 11 – електродвигун.

Решітка має люк для періодичного вивантаження відходів гашення із барабана. Всередині барабана встановлені повздовжні гребінки із зубцями, які при обертанні барабана сприяють більш інтенсивному і швидкому змішуванню вапна з водою і його гашення. На зовнішній циліндричній поверхні барабан має бандажі 5, якими він опирається на котки 6 привідних валів. Привідні вали в

свою чергу опираються на конічні роликпідшипники, які вмонтовані в корпусах на нахиленій площині рами.

Рама машини – це зварена конструкція на полозках, за допомогою яких машину можна пересувати з одного місця на друге. Верхня площина рами має нахил $6...8^\circ$ для забезпечення гравітаційного самовивантаження. Продуктивність машини до трьох тонн переробки грудкового вапна за одну годину.

Установки-вузли для гашення вапна, як правило, складаються з таких основних частин: складу негашеного (грудкового) вапна, гасильного відділення і від-

тійників вапняного тіста. Відомо два способи гашення вапна: шляхом тривалого витримування його в резервуарах з водою і шляхом переробки його безпосередньо в пушонку в вапногасильних машинах.

Схема вапногасильної установки, яка працює за першим способом, показана на рис. 1.7.2.

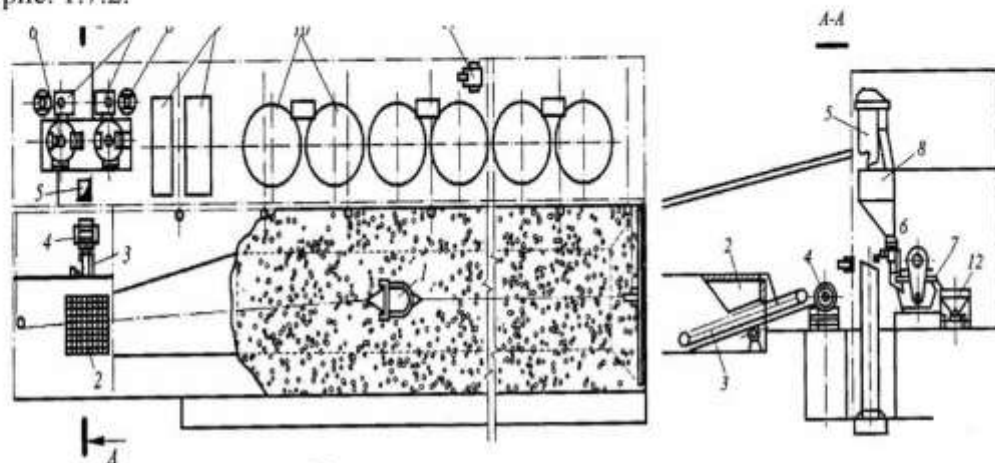


Рис. 1.7.2 Схема вапногасильної установки:

1 – ковш канатного скрепера; 2 – завантажувальний бункер; 3 – стрічковий конвеєр; 4 – шокова дробарка; 5 – ківшовий елеватор; 6 – тарілковий живильник; 7 – вапногасильна машина; 8 – бункер для подробленого вапна; 9 – приймальники промивних вод; 10 – резервуари; 11 – відцентровий насос; 12 – розчинонасос.

Зі складу грудкове вапно подається ковшем 1 канатного скрепера в завантажувальний бункер 2, потім стрічковим конвеєром 3 завантажується в щоккову дробарку 4. Подрібнене грудкове вапно за допомогою ківшового елеватора 5 попадає у витратний бункер 8, з якого здозована порція подається тарілковим живильником 6 у вапнегасильну машину 7.

Вапняне молоко з машини 7 подають у наземні резервуари 10, де воно витримується декілька діб. Кількість і ємкість резервуарів визначається необхідною тривалістю витримування вапняного молока. В процесі витримування з кожної тони загашеного вапна виділяється 1,5 м³ води, яку збирають у приймальнику 9 і

повторно використовують в процесі гашення вапна.

Вапняне тісто подають в розчинозмішувальну установку або в транспортні засоби трубопроводами за допомогою відцентрового насоса И або розчинонасоса 12.

При такому "мокрому" способі гашення майже повністю відсутнє утворення пилу, що значно покращує санітарногігієнічні умови праці.

Спосіб гашення вапна безпосередньо в пушонку завдяки попередньому подрібненню грудкового вапна і тривалого витримування вапна в резервуарах зменшує необхідну для установки територією і капітальні вкладення на її будівництво.

Вапно обробляють в пушонку під тиском або з періодичним зниженням тиску в вапногасильних машинах, де вапно гаситься протягом не більше однієї години, і в гасильних гвинтових конвеєрах. Після цього вапно витримують у сховищах протягом кількох годин.

Схема установки для гашення вапна пушонки показана на рис. 1.7.3.

Грудкове вапно подається в щоккову дробарку 7, а з неї стрічковим конвеєром 2 направляється для розсіву на циліндричний грохот. Частинки менше 1 мм подаються ківшовим елеватором 4 на механічний сепаратор 5, а більш крупні - на кульовий млин 3, а звідти тим же елеватором - в сепаратор. Із

сепаратора мелене негашене вапно подається ківшовим елеватором 6 і гвинтовим конвеєром 7 в бункер 8 і через дозатор 9 в вапногасильну машину 10.

Після закінчення гашення машина розвантажується і вапнушонка поступає в бункер 11, з якого за допомогою гвинтового конвеєра 12 і ківшового елеватора 13 подається в розчино-змішувальне відділення.

Переваги даного способу гашення вапна в тому, що гашення відбувається майже без відходів, внаслідок чого не потрібен час для очищення гасильних машин під час роботи.

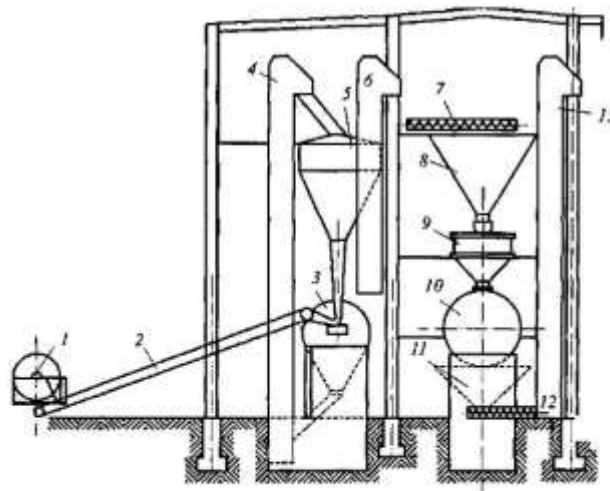


Рис. 1.7.3. Схема установки для гашення вапна в пушонку.

1-дробарка; 2 - стрічковий конвеєр; 3 - кульовий млин; 4, 6 і 13 - ківшові елеватори; 5 - сепаратор; 7 і 12 - гвинтові конвеєри; 8 і 11- бункери; 9 - дозатор; 10 - вапногасильна машина.

1.8. Розчинозмішувальні машини

Для приготування будівельних розчинних сумішей застосовують розчинозмішувачі пересувні і стаціонарні, циклічні і безперервної дії [5].

Пересувні розчинозмішувачі циклічної дії, як правило, мають невелику продуктивність (починаючи з 5... 10 м³/год) і застосовуються для виконання невеликих об'ємів будівельних робіт.

Верхній вал 3 служить для піднімання і опускання ковша 2 скіпового підйомника. Воду подають у змішувальний барабан за допомогою системи водоживлення, до якої входить дозатор турбінного типу, кран і зливний патрубок.

Розчинозмішувач С-588 з відкидними лопатями призначений для приготування штукатурних розчинів, включаючи гіпсові і гіпсотирсові, безпосередньо на об'єктах з невеликим об'ємом робіт - об'єм одного замісу 80 л (рис. 1.8.1).

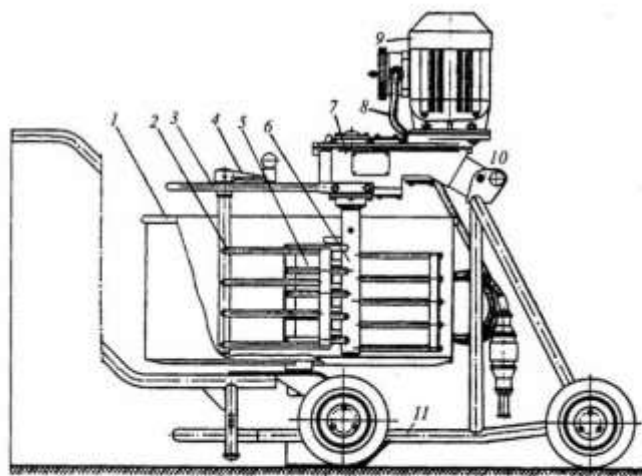


Рис. 1.8.1. Розчинозмішувач С-588

1 - тачка-бункер; 2 - лопаті, які не обертаються; 3 - кронштейн; 4 - рукоятка; 5 - змішувальні лопаті; 6 - лопатевий вал; 7 - редуктор; 8 - кабель; 9 - електродвигун; 10 - шарнір; 11 - візок

Розчинозмішувач має три основних вузли: привід, тачка-бункер 1 і візок 11. Електродвигун приводу вертикального типу 9 з гнучким броньованим кабелем 8 для підведення електроенергії. Редуктор триступеневий 7 з циліндричними шестірнями. Підйом і опускання лопатевого вала в корпус-чашу здійснюється шляхом повороту редуктора навколо своєї осі 4.

Лопатевий вал 6, з'єднаний за допомогою шарніра 10 з рамою змішувача, може бути встановленим в двох положеннях: в робочому і неробочому, тобто з піднятим лопатевим валом.

На лопатевому валу розміщені три ряди змішувальних лопатей. До корпусу редуктора на кронштейнах закріплені нерухомі лопаті 2, що сприяє більш інтенсивному змішуванню матеріалу. Положення лопатей в бункері можна змінювати за допомогою рукоятки 4.

Тачка-бункер 1 - вертикально розміщений циліндр на колесному ході. Тачка-бункер виготовлена із труб і може бути встановлена на дві опори візка таким чином, щоб осі приводу і бункера точно співпадали.

Під час роботи бетонозмішувача віддозовані матеріали загрузають в тачку-бункер, яку підводять під змішувальні лопаті. Потім вал з лопатями опускають, вмикають електродвигун і змішують розчин. Після закінчення змішування вал піднімають, тачку-бункер виводять з-під лопатей і вручну або на причепі подають (на колесах) до місця укладання розчину. Другу тачку ставлять на місце першої, після чого процес повторюють.

В останній час випускають дещо змінену конструкцію цього змішувача.

Для забезпечення нормальної роботи змішувального пристрою необхідно підтримувати постійну величину зазорів між робочими органами змішувального механізму (лопатями, скребками) і внутрішньою поверхнею чаші. Оптимальна величина зазору повинна бути в межах 6 мм.

Як вже зазначалось, для приготування будівельних розчинів можна ефективно використовувати бетонозмішувачі примусової дії різних типів (роторні, двовальні, турбулентні, змішувачі-активатори тощо).

Для безперервного приготування розчинних сумішей при дуже великих об'ємах будівництва застосовують двовальні бетонозмішувачі примусової дії лоткового типу.

При використанні високопродуктивних розчинозмішувачів, особливо безперервної дії доцільно для подавання розчину на великих об'єктах

застосовувати розчинонасоси. Комплекс "розчинозмішувач-розчинонасос" дозволяє суттєво підвищити.

1.9. Розчинозмішувальні установки

При невеликих об'ємах будівельних робіт розчини приготують безпосередньо на будівельних майданчиках у пересувних малопотужних розчинозмішувачах, наприклад, циклічний лотковий одновальний змішувач СМ-43Б (С-868Б) з об'ємом замісу 80 л тощо.

В інших випадках розчини готують централізовано на спеціальних установках або автоматизованих розчинних вузлах, змонтованих безпосередньо в зоні будівництва, а при декількох об'єктах - в центрі району будівництва. До них повинні бути підведені автодороги, добре, коли вони близько до залізничного або водного транспорту.

Розчинобетонний автоматизований вузол складається зі змішувального відділення, складу цементу силосного типу, траншейно-бункерного складу піску і щебеню.

Змішувальне відділення вузла змонтовано з об'ємних секцій, в яких заздалегідь (на заводі) вже встановлено необхідне технологічне обладнання. Всі ці секції й інші збірні елементи транспортабельні і своїми розмірами не перевищують встановлені габарити перевезень. Маса кожного з них не перевищує 10 т.

Конструкція вузла передбачає наскрізний проїзд автотранспорту під завантаження бетонною або розчинною сумішшю.

Робота всіх механізмів вузла (технологічні лінії) взаємозв'язана: блокування схеми керування здійснюється зі зворотним зв'язком; пошкодження в будь-якому механізмі (порушення) визначається спеціальним сигналом на пульт керування вузлом.

Вузол працює за такою схемою. Оператор вмикає на пульті керування змішувач, гідропривід і касовий апарат; водій, поставивши автосамоскид під лоток для видання розчину, опускає в щілину касового апарату жетон, який

відповідає певній марці розчину і необхідній його кількості. Потім спрацьовує автоматичне вмикання змішувального відділення і після змішування завантажених компонентів готова суміш вивантажується через шибер змішувача в автосамоскид або розчинонасос.

На рис.1.9.1 наведено технологічну схему автоматизованої розчино-бетонозмішувальної установки продуктивністю 30...35 м³ бетонної суміші і до 50 м³ будівельного розчину за годину. Установка може виготовляти до 50 складів сумішей без переналагодження технологічного обладнання із застосуванням жетонних апаратів.

Установка складається із складу цементу, траншейно-бункерного складу заповнювачів і змішувального відділення.

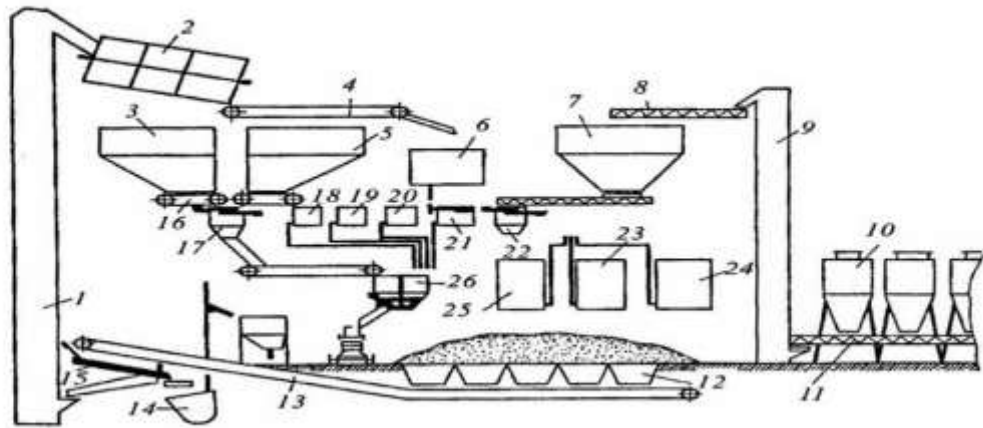


Рис. 1.9.2. Технологічна схема автоматизованої розчино-бетонозмішувальної установки

1 - елеватор для подавання заповнювачів; 2 - піскосіялка; 3 і 5 - витратні бункери заповнювачів; 4 і 13 - стрічкові конвеєри; 6 - резервуар для води; 7 - витратний бункер цементу; 8 - гвинтовий живильник цементу; 9 - елеватор для подавання цементу; 10 - силосний склад цементу; 11 - гвинтовий конвеєр; 12 - траншейно-бункерний склад заповнювачів; 14 - ковш шахтопідйомника; 15 - ексцентриковий грохот; 16 - стрічковий живильник; 17 - дозатор заповнювачів; 18 - дозатор нітриту натрію; 19 - дозатор омиленого щолоку; 20 - дозатор

вапняного молока; 21 - дозатор води; 22 - дозатор цементу; 23 - резервуар для омиленого щолоку; 24 - резервуар для вапняного молока; 25 - резервуар для розчину нітриту натрію; 26 - турбулентний.

Силосний склад цементу 10 має десять резервуарів, встановлених у два ряди ємкістю по 25 т кожний. Резервуари обладнані віброзбуджувачами для порушення можливого зависання (склепів) цементу. Завантаження резервуарів відбувається безпосередньо із пневмоцементовозів.

Під резервуарами змонтовані гвинтові конвеєри 11, які подають цемент у вертикальний ківшовий елеватор 9. З елеватора цемент гвинтовим живильником подають у витратний бункер 7. Більш ефективним рішенням може бути застосування пневматичних засобів транспортування і подачі цементу.

До траншейно-бункерного складу заповнювачів 12 входять

30 розміщених по осі траншеї підвісних бункерів із секторними затворами. Для підігрівання піску і щебеню в зимових умовах в бункерах змонтовані парові реєстри. Склад заповнювачів завантажується один - два рази за добу за допомогою бульдозера.

Заповнювачі зі складу 12 стрічковим конвеєром подають на ексцентриковий грохот 15, де розділяються на фракції. Фракції, які мають крупність більшу, ніж потрібно, направляються в ківш шахтопідійомника, а потрібні фракції ківшовим елеватором 1 піднімаються і, якщо необхідно, направляються на піскосіялку 2 і далі на стрічковий конвеєр 4, з якого подаються у витратні бункери піску 3 або щебеню 5.

Вапняне молоко і добавки подаються у витратні резервуари насосами. До дозувально-змішувального відділення установки входять витратні бункери заповнювачів 3 і 5, цементу 7, витратні резервуари для води 6, для вапняного молока 24, для омиленого щолоку 23, нітриту натрію 25, барбатели для змішування, масові і об'ємні дозатори заповнювачів 17, нітриту натрію 18, омиленого щолоку 19, вапняного молока 20, води 21 і цементу 22, станції з пультом керування, касові апарати і гідропровід.

Здозовані компоненти подають у турбулентний змішувач 26.

Дозувально-змішувальне відділення має 15 об'ємних секцій, в які вмонтовано ще на заводі необхідне обладнання. Установа працює з дистанційним керуванням:

- автоматичним від касового апарату від жетонів (кожному виду і класу бетону чи розчину відповідає певний жетон), або із пульта керування. Вид і марку розчину або бетону завдає оператор (машиніст);

- ручним із пульта керування (при переналагодженні обладнання). Всі механізми технологічної лінії взаємо-пов'язані; блокування всієї схеми керування виконано із зворотним зв'язком.

На рис. 1.9.3. показано технологічну схему універсальної змішувальної установки безперервної дії продуктивністю до 5 м³/год бетонної суміші і будівельних розчинів.

В роботі цієї установки можливі кілька варіантів подачі і використання вапняного компоненту. Схема дозволяє використати вапногасильну установку для виготовлення будівельних розчинів.

Вапняне молоко подають в резервуар 24 для вапняного тіста, а потім насосом-дозатором 27 його можна подавати в змішувач 19 або в бак 28, який буде використаний як проміжний накопичувач.

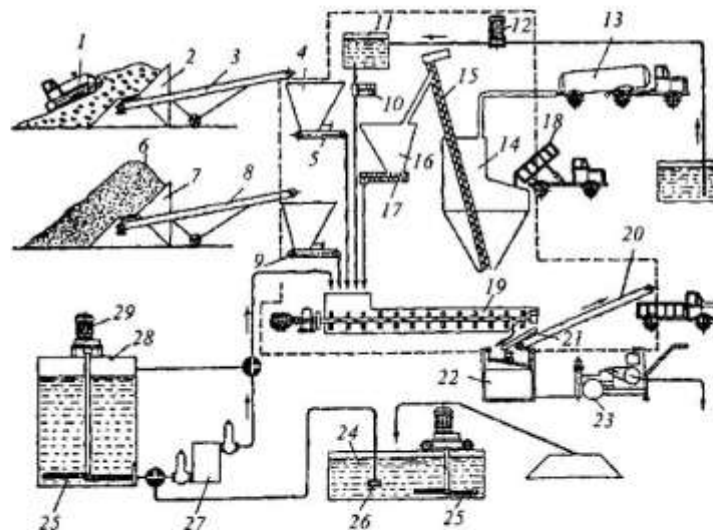


Рис. 1.9.3. Технологічна схема бетоно-розчинозмішувальної

установки С-946

1 - бульдозер; 2, 7 - завантажувальні пристрої; 3, 8, 20 - стрічкові конвеєри; 4-16 - витратні бункери; 5, 9 - стрічкові дозатори заповнювачів; 6 - пісок; 10 - пробковий кран; 11 - витратний бак води; 12 - насос; 75 - пневматичний автоцементовоз; 14 - інвентарний склад; 15 - вертикальний гвинтовий конвеєр; 17 - гвинтовий дозатор цементу; 18 - гравітаційний автоцементовоз; 19 - змішувач; 21 - перевантажувальний лоток; 22 - вібросито; 23 - розчинонасос; 24 - резервуар для вапняного тіста; 25 - гвинтовий збуджувач; 26 - забірний фільтр; 27 - насос-дозатор; 28 - бак для вапняного молока; 29 - мотор-редуктор

Якщо поставляють мелене вапнопушонку або кипілку, то вапняне тісто приготують в резервуарі 24 шляхом додавання води. Далі тісто насосом-дозатором 27 перекачують у бак, де приготують вапняне молоко. При використанні немеленого вапна і гасіння його на місці в ямах, одержане тісто треба пропустити через сито 26 (забірний фільтр, що входить в комплект обладнання).

Якщо потрібно приготувати будівельний розчин під вихідним отвором змішувача встановлюють лоток 21, по якому розчин стікає на вібросито 22, а потім розчинонасосом 23 по трубопроводу подається до місця укладання.

Якщо готують бетонну суміш, лоток забирають і готову суміш подають стрічковим конвеєром 20 в бетоновоз, бетононасос або в іншу транспортну ємкість.

Технологія дозволяє виготовляти декілька типів будівельних розчинів - вапняного (пісок + вапно), цементно-вапняного, цементного (пісок + цемент).

Витратні бункери заповнювачів 4 завантажують стрічковими живильниками зі складу насипного типу за допомогою бульдозера 1 або іншого механізму. Цемент подають вертикальним гвинтовим конвеєром 15 із інвентарного складу 14, який завантажують безпосередньо з транспортних засобів.

Бетонну суміш видає стрічковий конвеєр 20 на висоту до 2...3 м. Розчин можна подавати по трубопроводу розчинонасосом на відстань до 150 м по горизонталі і до 30 м по вертикалі.

РОЗДІЛ 2. МЕТА РОБОТИ

Мета дослідження: експериментальне дослідження міцності розчинів, водоутримуючої здатності та розшаровуваності розчинових сумішей з використанням вілходу виробництва дефекту. Розробка складів розчинів та методик проведення експериментів.

Задачі досліджень:

- підібрати склади розчину марок за міцністю M300, M200, M150, M100, M75 та M50;
- вивчити вплив витрат дефекату на водоутримуючу здатність і розшарованість розчину;
- встановити закономірності впливу витрати дефекату і цементу на властивості будівельного розчину;
- розробити методику визначення водо утримуючої здатності.

Об'єкт дослідження: зразки розчину та розчинові суміші, дефекат.

Методи дослідження: міцності на стиск розчинової суміші, водоутримуючої здатності розчину. Експерименти проводилися з використанням математико-статистичних методів та комп'ютерною обробкою результатів дослідження. .

РОЗДІЛ 3. МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Планування експерименту

Планування експериментів та вибір складу будівельного розчину з використанням математико-статистичних методів рекомендується проводити при використанні кількох складів будівельного розчину з різною рухливістю бетонної суміші. При побудові залежностей, необхідних для коректування складу будівельного розчину у процесі його виготовлення при організації виробництва по новій технології, а також у випадку використання автоматичних систем керування технологічним процесом.

Планування експериментів та підбір складу будівельного розчину для цегляної кладки з використанням відходу з використанням математико-статистичних методів полягає у виборі математичної залежності між заданими властивостями будівельного розчину, витратою використовуваних матеріалів. Отримана математична залежність використовується для пошуку та призначення оптимальних складів.

Побудова математичних залежностей проводиться на основі спеціальних лабораторних дослідів з послідуєчим їх уточненням у виробничих умовах.

Проведення лабораторних дослідів в наступній послідовності:

- уточнення в залежності від певної задачі оптимізуючих параметрів (міцності, заданих параметрів, спеціальних вимог і ін.);
- вибір факторів, що визначають змінність оптимізуючих параметрів;
- розрахунок експериментального складу будівельного розчину;
- вибір меж варіювання факторів.

В якості факторів, що залежать від умов конкретної задачі можуть призначатися витрата води, витрата цементу, витрата заповнювачів та ін.

Значення фактору у головному вихідному складі називається головним (середнім або нулевим рівнем).

При проведенні дослідів у залежності від умов задачі усі фактори варіюються або на трьох рівнях – середньому (головному), нижньому та

верхньому, що відрізняються від головного на однакову величину, яка має назву інтервал варіювання, або на двох рівнях – верхньому та нижньому.

Для спрощення запису і послідовних розрахунків верхній рівень факторів буде позначатися (+1), середній – (0), а нижній – (-1), що відповідає переводу факторів в новий кодовий (нормалізований) масштаб :

$$X_i = \frac{(X_i - X_{i0})}{\Delta X_i}, \quad (3.1)$$

де X_i – значення і-го фактора в новому кодовому масштабі;

X_j – значення і-го фактора в натуральному масштабі;

X_{i0} – основний рівень і-го фактора;

ΔX_i – інтервал зміни і-го фактора.

Часто при записі плану проведення експерименту цифру 1 упускають і кодовий запис рівнів факторів має вид відповідно: "+", "0", "-".

Досліди (дослідні записи) у залежності від кількості факторів та умов розв'язуваної задачі проводяться по плану (матриці), яка наведена в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Матриця проведення експериментів

№ досліджу	Матриця планування (x _i)		Квадрати перемінних (x ² _i)		Взаємодія (x _i x _j)		Властивості будівельного розчину (вихід)				
	x ₁	x ₂	x ² ₁	x ² ₂	x ₁ x ₂	x ₁ x ₃	R _{сг7}	R _{сг28}	ρ _м	n	v
1	+	+	+	+	+	+					
2	-	+	+	+	-	-					
3	+	+	+	+	-	+					
4	-	+	+	+	+	-					
5	+	-	+	+	+	-					
6	-	-	+	+	-	+					
7	+	-	+	+	-	-					
8	-	-	+	+	+	+					
9	+	0	+	0	0	0					
10	-	0	+	0	0	0					
11	0	0	0	+	0	0					

Примітка. При проведенні дослідних замісів згідно з вибраним планом в матриці 1 та матриці 2 досліди в нульовій точці (всі фактори на основному рівні) були рівномірно розподілені між всіма іншими, дублюючи їх через кожні 3 - 5 замісів.

Згідно завдання потрібно замінити частково дрібний заповнювач відходом виробництва – дефекатом у значеннях від маси піску, дані занесені в таблиці.

Обробляємо результати досліджень з використанням методів математичної статистики і отримуємо відповідне алгебраїчне рівняння, яке відображає зв'язок між досліджуваними властивостями будівельного розчину і вихідними факторами.

$$Y = b_0 + X_1b_1 + X_2b_2 + X_1^2b_1^2 + X_2^2b_2^2 + X_1X_2b_1b_2 \quad (3.2)$$

Результати випробувань та їх пояснення наведені в розділі 5.

3.2. Методика випробувань будівельних розчинів

Методика випробування розчинів проводять згідно ДСТУ Б В.2.7-239:2010 Будівельні матеріали. Розчини будівельні. Методи випробувань (EN 1015-11:1999, NEQ) [17].

3.2.1 Визначення розшаровування розчинової суміші

Розшаровування суміші розчину, зв'язність, що характеризує її, при динамічній дії. Визначають шляхом зіставлення вмісту маси заповнювача в нижній і верхній частинах свіжовідформованого зразка розмірам 150x150x150 мм.

Для визначення розшаровування використовуємо сталеві форми розміром 150x150x150 мм, лабораторну віброплощадку типу 435А, лабораторні ваги по , шафу сушильну, сито з розмірами отворів 0,14 мм.

Суміш розчину укладаємо і ущільнюємо у формі для контрольних зразків розмірами 150x150x150 мм. Після цього ущільнену суміш розчину у формі піддаємо вібраційній дії на лабораторному вібромайданчику протягом 1хв.

Після вібрації верхній шар розчину висотою $(7,5 \pm 0,5)$ мм з форми відбираємо на деко, а нижню частину зразка вивантажують з форми шляхом

перекидання на друге деко. Відібрані проби суміші розчину зважуємо з погрішністю до 2 г і піддаємо мокрому розсіванню на ситі з отворами 0,14 мм.

При мокрому розсіванні окремі частини проби, укладені на сито, промиваємо струменем чистої води до повного видалення терпкого. Промивку суміші вважаємо закінченою, коли з сита витікає чиста вода. Відмиті порції заповнювача переносимо на чисте деко, висушуємо до постійної маси при температурі 105 – 110 °С і зважуємо з погрішністю до 2 г.

Вміст заповнювача у верхній (нижній) частинах ущільненої суміші розчину визначаємо по формулі:

$$V = \frac{m_1}{m_2} \times 100, \quad (3.3)$$

де m_1 – маса відмитого висушеного заповнювача з верхньої (нижньої) частини зразка, г;

m_2 – маса суміші розчину, відібраної проби з верхньої (нижньої) частини зразка, г.

Показник розшарування суміші розчину n визначають по формулі:

$$\bar{n} = \frac{\Delta V}{\Sigma V} \times 100, \quad (3.4)$$

Де ΔV – абсолютна величина різниці між вмістом заповнювача у верхній і нижній частинах зразка, %;

ΣV – сумарний вміст заповнювача верхньої і нижньої частин зразка, %.

Показник розшарування для кожної проби суміші розчину визначаємо двічі і обчислюємо з округленням до 1 % як середнє арифметичне значення результатів двох визначень, що відрізняються між собою не більше ніж на 20 % від меншого значення. При більшій розбіжності результатів визначення повторюють на новій пробі суміші розчину.

3.2.2 Визначення водоутримуючої здатності розчинової суміші

Водоутримуючу здатність визначаємо шляхом випробування шару суміші розчину завтовшки 12 мм, укладеного на промокальний папір.

Схема приладу для визначення водоутримуючої здатності суміші розчину зображено на рис. 4.2. Перед випробуванням 10 листів промокального паперу

зважуємо з погрішністю до 0,1 г, укладаємо на скляну пластинку, зверху укладаємо прокла-

дку з марлевої тканини, встановлюємо металеве кільце і ще раз зважуємо. Ретельно перемішану суміш розчину укладаємо врівні з краями металевого кільця, вирівнюємо, зважуємо і залишаємо на 10 хв. Металеве кільце з розчином обережно знімаємо разом з марлею. Промокальний папір

зважуємо з погрішністю до 0,1 р.

Водоутримуючу здатність суміші розчину V визначаємо вмістом води в пробі до і після експерименту по формулі:

$$V = \left(100 - \frac{m_2 - m_1}{m_4 - m_3} \times 100 \right), \quad (3.5)$$

де m_1 – маса промокального паперу до випробувань, г;

m_2 – маса промокального паперу після випробування, г;

m_3 – маса установки без суміші розчину, г;

m_4 – маса установки з сумішшю розчину, г.

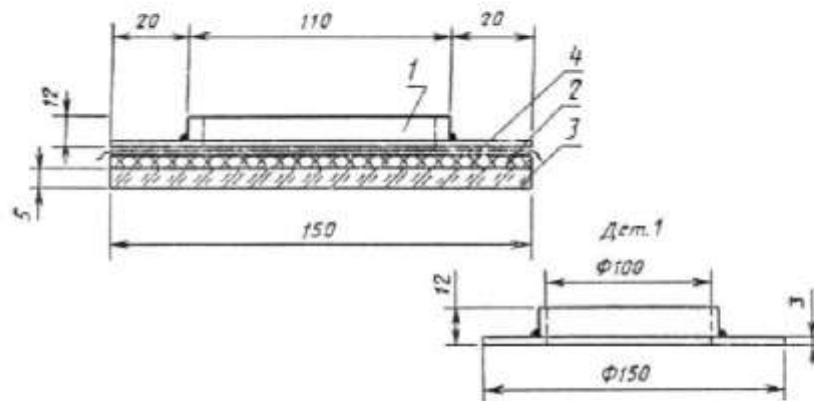


Рис. 3.2.1 Схема приладу для визначення водоутримуючої здатності суміші розчину

Замінюємо металеве кільце на металевий конус до струшувального столика, що зображено на рис.6.5.1. Обґрунтовуємо подібністю об'ємів приладів.

Об'єм циліндра розраховуємо за формулою:

$$V_0 = \pi R^2 h = 3,14 \times 25 \times 1,2 = 94,2 \text{ см}^3. \quad (3.6)$$

Об'єм циліндра розраховуємо за формулою:

$$V_c = \frac{\pi h}{3} (R_1^2 + R_2^2 + R_1 \times R_2) = \frac{3,14 \times 4}{3} (3,25^2 + 3,75^2 + 3,25 \times 3,75) = 154,11 \text{ м}^3, \quad (3.7)$$

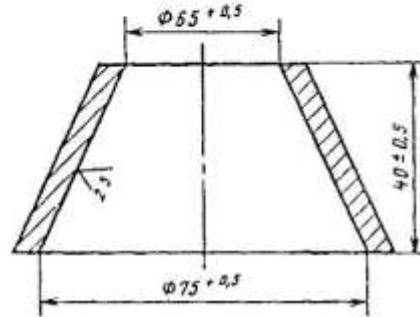


Рис. 3.2.2. Кільце до струшу вального столика

Водоутримуючу здатність суміші розчину визначаємо двічі для кожної проби суміші розчину і обчислюємо як середнє арифметичне значення результатів двох визначень, що відрізняються між собою не більше ніж на 20 % від меншого значення.

3.3. Визначення якості цементу

Якість цементу перевіряється на відповідність вимогам [18]. На всі види цементу поширюється [19] і встановлює загальні положення при випробуванні цементів для визначення показників:

- тонкості помелу цементу;
- рівномірності зміни об'єму цементу;
- консистенції цементного розчину;
- тонкість помелу по питомій поверхні [20];
- нормальна густина і терміни тужавіння цементного [21];
- межа міцності при згині і стиску зразків-балочок, виготовлених з цементного розчину [22].

Результати випробувань порівнювалися з вимогами наведені в таблиці 4.1.

3.4. Визначення якості піску

Якість піску перевіряється на відповідність вимогам [23]. На всі види піску поширюється [24] і встановлює загальні положення при випробуванні пісків для визначення показників:

- модуля крупності піску;
- вміст пилевидних та глинистих часток піску;
- органічних домішок піску;
- насипної густини піску;
- пористості;
- вологості.

Результати випробувань порівнювалися з вимогами наведені в таблиці 4.2.

3.5. Визначення якості дефекату

Так як дефекат це суміш вапна та відходів після виробництва цукру, якість дефекату перевіряється на відповідність вимогам [25], на всі види вапна поширюється [26]. Характеристика дефекату була надана ТОВ "АГРОПРОМИСЛОВЕ ОБ'ЄДНАННЯ "ЦУКРОВИК ПОЛТАВЩИНИ" Козельщинського району Полтавської області.

РОЗДІЛ 4. ХАРАКТЕРИСТИКА ВИХІДНИХ МАТЕРІАЛІВ

4.1. Оцінка якості цементу

Якість цементу визначалася у відповідності з нормативними документами згідно методики описаній в розділі 3.2. Результати випробувань цементу наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1

Характеристика цементу

Найменування показників	Вимоги нормативних документів	Результати випробувань
Визначення тонкості помелу	проходження через сито №008 не менше 85%	92 %
Визначення нормальної густини цементного тіста	$H_r=24 - 28\%$	26,5%
Визначаємо терміни тужавіння цементу - початок - кінець	не раніше 60 хв. не пізніше 10 год	65 хв 9,5 год
Визначення границі і міцності при згині	60 – 80	55,2 кгс/см ²
Визначення границі і міцності при стиску		425,88кгс/см ²
Визначення консистенції цементного розчину	106 – 115	106 мм

4.2. Оцінка піску

Якість піску визначалася у відповідності з розділом 3.3. Результати випробувань піску наведені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2

Результати випробувань піску

Найменування показників	Вимоги нормативних документів	Результати випробувань
Модуля крупності		0,9
Визначення вмісту пілевидних та глинистих часток	високий при 5 – 10%.	9%

Визначення органічних домішок	Еталонна суміш	В межах норми
Визначення істинної густини	2,6	2,6 г/см ³
Визначення насипної густини	1100 – 1300	1295кг/м ³
Визначення пористості		50%
Визначення вологості	6%	5,26%

4.2. Оцінка дефекату

Якість дефекату перевіряється на відповідність вимогам [29].
Характеристика дефекату наведена в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3

Характеристика дефекату

Показник	Одиниці	Значення
Вміст цукрових речовин	%	4
Питома поверхня	см ² /г	5000
Істина густина	г/см ³	2,7
Вологість	%	33,2
Густина	г/см ³	1,401

РОЗДІЛ 5. ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДІВ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

5.1. Підбір складів розчинів

За [27] підбираємо склад розчину та визначаємо витрати матеріалів для марок М300, М200 та М150. Витрати матеріалів наведені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1

Склад розчинів

Марка розчину	Цемент, кг	Пісок, кг
M300	575	1300
M200	450	1300
M150	325	1300
M100	250	1300
M75	200	1300
M50	150	1300

5.2. Дослідження впливу витрат дефекату і цементу на властивості розчинової суміші та розчину (марки розчинів 150-300)

Проведення дослідів проводилося з використанням математико-статистичних методів планування експериментів у відповідності з розділом 3. В якості факторів були вибрані витрати цементу та дефекату. Значення інтервалів варіювання факторів наведені у таблиці 5.2.

Досліди проводилися у відповідності з прийнятим планом експеримента. План експериментів та результати дослідів наведені у таблиці 5.3.

В результаті обробки експериментів на ПЕОМ отримані алгебраїчні рівняння границі міцності на стиск, водоутримуючої здатності, розшаровуваності та середньої густини в досліджуваних межах зміни факторів.

Таблиця 5.2

Значення інтервалів варіювання

Код.	Значення коду	Значення факторів	
		X ₁ , кг	X ₂ , кг
Основний рівень	0	450	70
Інтервал варіювання	ΔX_i	125	20
Верхній рівень	+1	575	90
Нижній рівень	-1	325	50

Таблиця 5.3

Матриця проведення експериментів 1

№ дослідж.	План експерименту		Натуральні змінні значення		Границя міцності на стиск 7 діб, Рст сер, МПа	Границя міцності на стиск 28 діб, Рст сер, МПа	Показник розшарування п, %	Водоутримуюча здатність, %	Середня густина, г/см ³
	X1	X2	X1	X2					
1	1	1	575	90	5,39	11,17	0,71	96,631	1,84
2	1	-1	575	50	6,05	12,8	2,64	97,858	2,03
3	-1	1	325	90	1,95	4,2	3,13	97,583	2,2
4	-1	-1	325	50	2,31	4,6	4,14	99,752	1,94
5	1	0	575	70	7,82	12,96	4,95	96,899	1,96
6	-1	0	325	70	4,21	4,99	4,81	97,755	1,95
7	0	1	450	90	4,02	7,56	10,03	97,835	1,84
8	0	-1	450	50	4,43	9,67	10,03	97,044	2,03
9	0	0	450	70	6,65	9,77	3,63	98,422	2,13
10	0	0	0	0	10,84	19,81	7,54	97,487	2,11
11	0	0	0	0	9,09	14,15	5,93	97,903	2,07

Проводимо перерахування витрати дефекату і піску з урахуванням вмісту у відході 40% вапна і 60% дефекату. Результати перерахунку наведені у таблиці 5.4.

Проводимо перерахування витрати води з урахуванням вологості дефекату. Результати перерахунку наведені у табл 5.5.

Таблиця 5.4

Перерахування витрати дефекату і піску

№ досліду	План		Цемент, кг	Вапно, кг	Дефекат, кг	Пісок, кг
	X1	X2	X1	X2		
1	1	1	575	90	300	1165
2	1	-1	575	50	166	1220
3	-1	1	325	90	300	1165
4	-1	-1	325	50	166	1220
5	1	0	575	70	233	1195
6	-1	0	325	70	233	1195
7	0	1	450	90	300	1165
8	0	-1	450	50	166	1220
9	0	0	450	70	233	1195

Таблиця 5.5

Витрата води на 1 м³ розчинової суміші з урахуванням вологості дефекату по матриці 1

№ досліду	Витрата цементу, кг	Витрата дефекату, кг	Витрата води на 1 м ³ , л	Кількість води в дефекаті, л	Повна витрата води на 1 м ³ , л	Рухливість, см
1.	575	300	373	99	399	10,3
2.	575	166	380	55	221	10,2
3.	325	300	387	99	399	11,5
4.	325	166	358	55	221	9,1
5.	575	233	387	77	310	10,6
6.	325	233	407	77	310	11,5
7.	450	300	355	99	399	10,2
8.	450	166	353	55	221	10,2
9.	450	233	364	77	310	10,8

5.2.1. Дослідження впливу витрат дефекату та цементу на міцність розчину у віці 7 діб

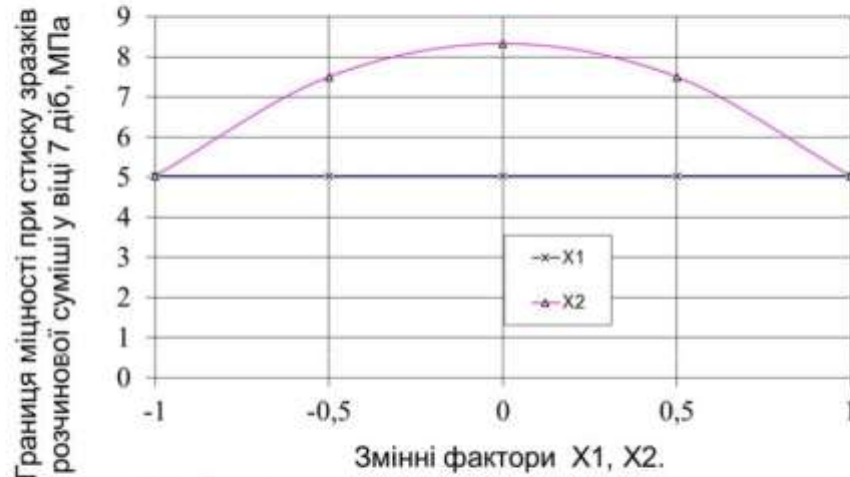
Алгебраїчне рівняння міцності розчину

$$Y = b_0 + X_1b_1 + X_2b_2 + X_1^2b_1^2 + X_2^2b_2^2 + X_1X_2b_1b_2 \quad (5.1)$$

Рівняння за критерієм Фішера придатне для описання вихідної залежності в досліджуваних межах зміни факторів, так як $1,74 < 19,3$.

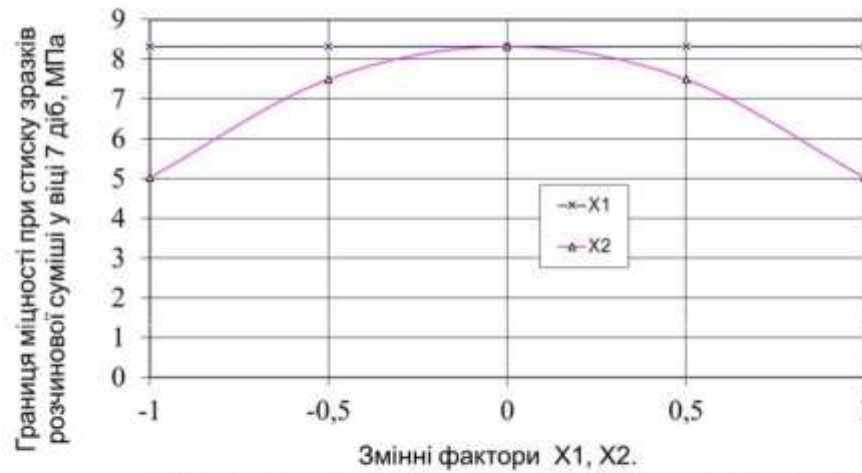
За рівнянням (5.1) побудовані графіки на рис. 5.1, 5.2, 5.3.

Максимальний рівень (+1)

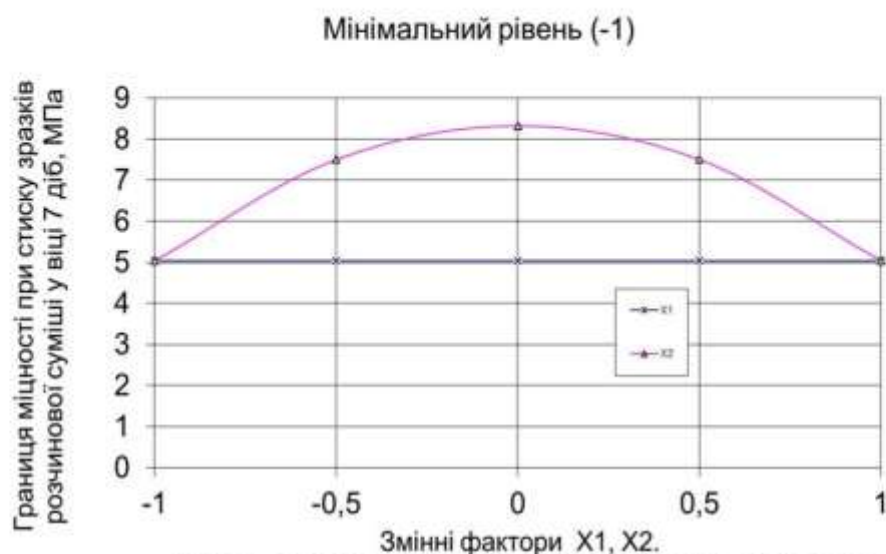


5.1. Дослідження впливу витрати цементу та дефекату на границю міцності на стиск у віці 7 днів розчинів (150-300)

Основний рівень (0)



5.2. Дослідження впливу витрати цементу та дефекату на границю міцності на стиск у віці 7 днів розчинів (150-300)



5.3. Дослідження впливу витрати цементу та дефекату на границю міцності на стиск у віці 7 днів розчинів (150-300)

Аналіз рівняння показує, що найбільший вплив на міцність розчинів має витрата цементу. Графічний аналіз, який представлений в трьох варіаціях рис. 5.1 показує, що при знаходженні факторів на максимальному рівні найбільша міцність при витраті компонентів на середньому рівні. При знаходженні факторів на основному рівні найбільша міцність при середній витраті компонентів. На рис. 5.3 показано, що можна отримати найменшу міцність при мінімальній витраті компонентів.

5.2.2. Дослідження впливу витрат дефекату і цементу на міцність розчину у віці 28 днів

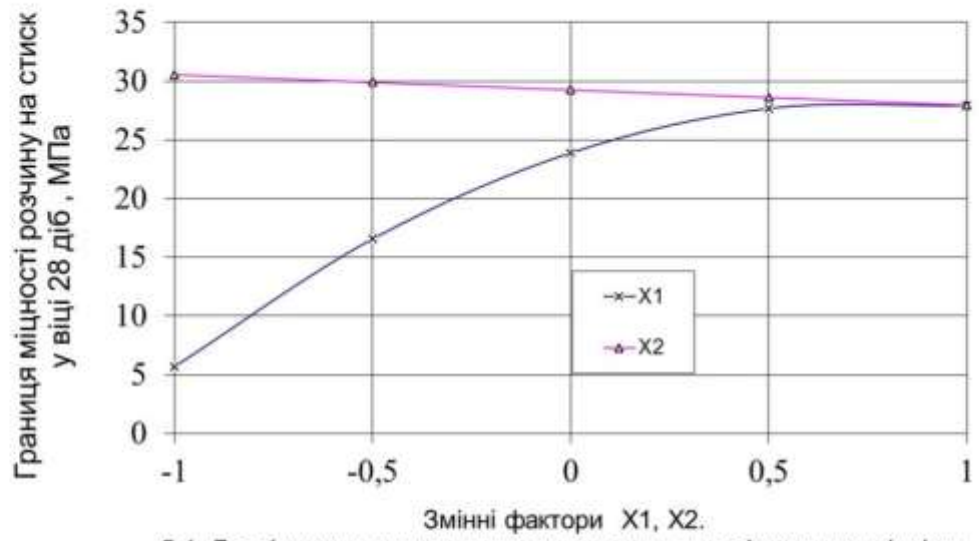
Алгебраїчне рівняння міцності розчину

$$Y = b_0 + X_1b_1 + X_2b_2 + X_1^2b_1^2 + X_2^2b_2^2 + X_1X_2b_1b_2 \quad (5.2)$$

Рівняння за критерієм Фішера придатне для описання вихідної залежності в досліджуваних межах зміни факторів, так як $12,54 < 19,3$.

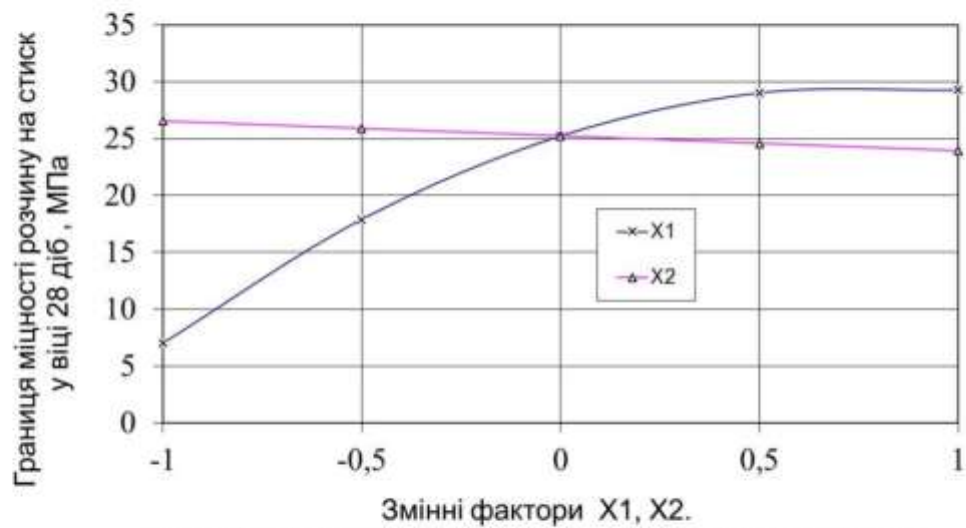
За рівнянням (5.2) побудовані графіки на рис. 5.4, 5.5, 5.6.

Максимальний рівень (+1)



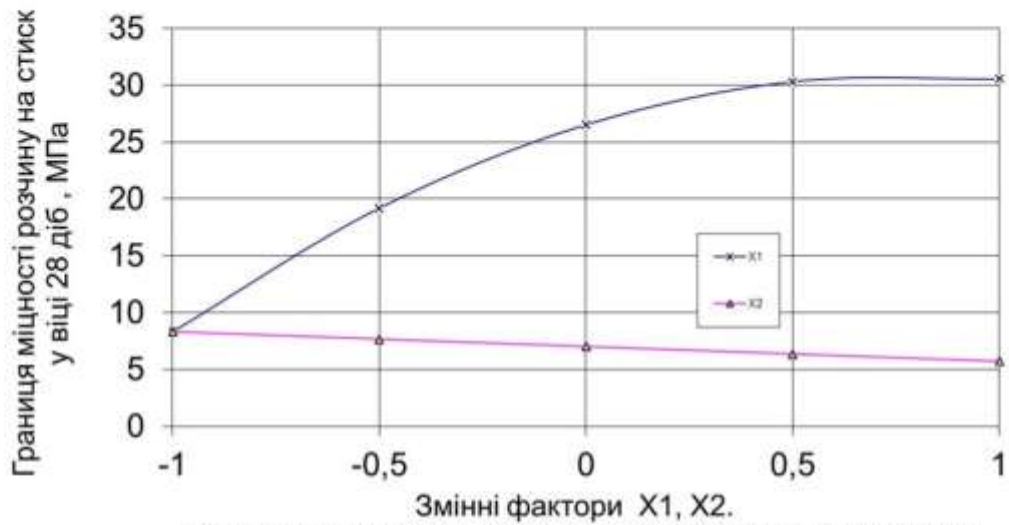
5.4. Дослідження впливу витрати цементу та дефекату на міцність розчину у віці 28 днів (марки розчинів 150-300)

Основний рівень (0)



5.5. Дослідження впливу витрати цементу та дефекату на міцність розчину у віці 28 днів (марки розчинів 150-300)

Мінімальний рівень (-1)



5.6. Дослідження впливу витрати цементу та дефекату на міцність розчину у віці 28 діб (марки розчинів 150-300)

Аналіз рівняння показує, що найбільший вплив на міцність розчинів має витрата цементу. Графічний аналіз, який представлений в трьох варіаціях рис. 5.4 показує, що при знаходженні факторів на максимальному рівні найбільша міцність при витраті компонентів на максимальному рівні. При знаходженні факторів на основному рівні найбільша міцність при максимальній витраті цементу. На рис. 5.6 показано, що можна отримати найменшу міцність при мінімальній витраті компонентів.

5.2.3. Дослідження впливу витрат дефекату і цементу на розшаровуваність розчинової суміші

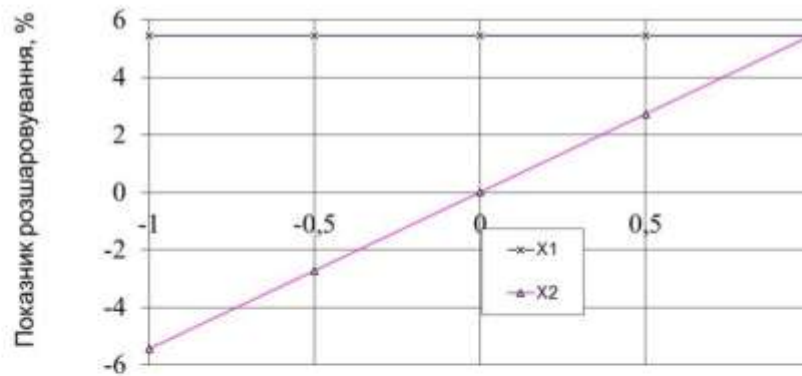
Алгебраїчне рівняння міцності розчину

$$Y = b_0 + X_1b_1 + X_2b_2 + X_1^2b_1^2 + X_2^2b_2^2 + X_1X_2b_1b_2 \quad (5.3)$$

Рівняння за критерієм Фішера придатне для описання вихідної залежності в досліджуваних межах зміни факторів, так як $17,37 < 19,3$.

За рівнянням (5.3) побудовані графіки на рис. 5.7, 5.8, 5.9.

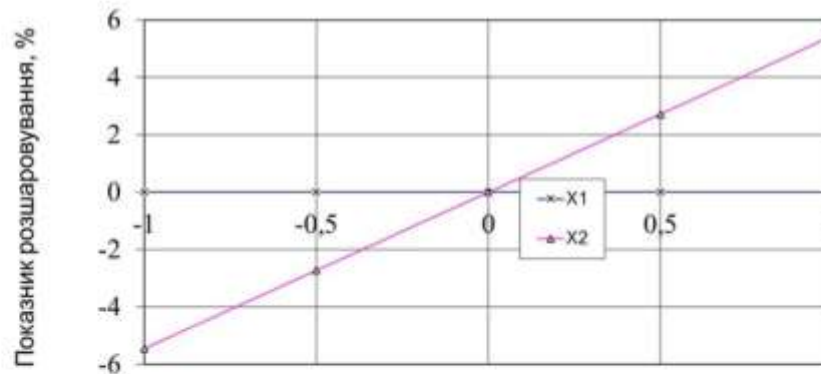
Максимальний рівень (+1)



Змінні фактори X1, X2.

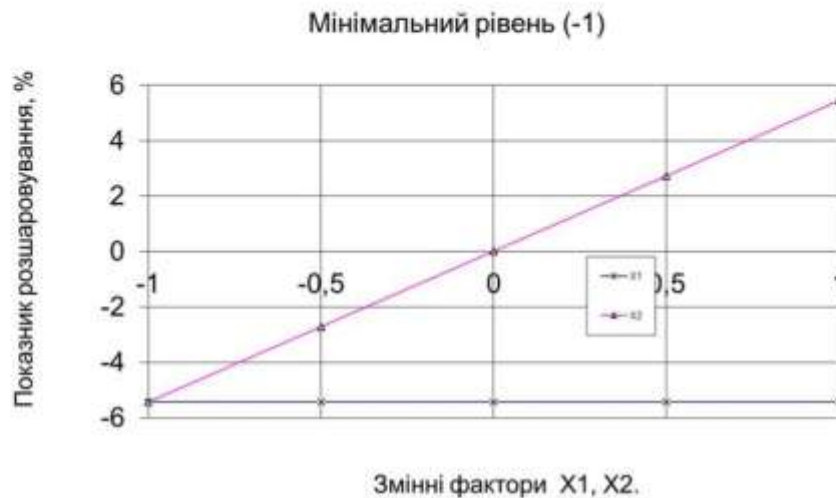
5.7. Дослідження впливу витрат дефекату і цементу на розшаровуваність розчинової суміші (марки розчинів 300-150)

Основний рівень (0)



Змінні фактори X1, X2.

5.8. Дослідження впливу витрат дефекату і цементу на розшаровуваність розчинової суміші (марки розчинів 300-150)



5.9. Дослідження впливу витрат дефектату цементу на розшаровуваність розчинової суміші (марки розчинів 300-150)

Аналіз рівняння показує, що найбільший вплив на розшаровуваність має будівельний розчин при максимальній витраті цементу. Графічний аналіз, який представлений в трьох варіаціях рис. 5.7 показує, що при знаходженні факторів на максимальному рівні найбільша розшаровуваність при витраті компонентів на середньому рівні. При знаходженні факторів на основному рівні найбільша розшаровуваність при максимальній витраті цементу. На рис. 5.9 показано, що можна отримати найменшу розшаровуваність при мінімальній витраті компонентів.

5.2.4. Дослідження впливу витрат дефектату і цементу на водоутримуючу здатність розчинової суміші

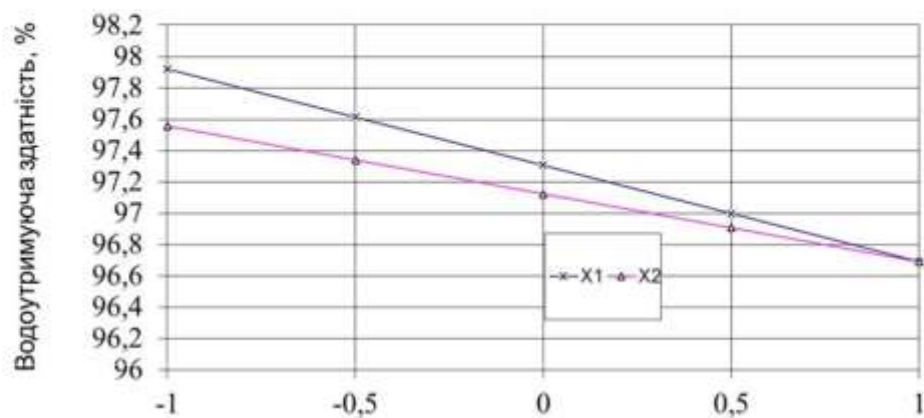
Алгебраїчне рівняння міцності розчину

$$Y = b_0 + X_1b_1 + X_2b_2 + X_1^2b_1^2 + X_2^2b_2^2 + X_1X_2b_1b_2 \quad (5.4)$$

Рівняння за критерієм Фішера придатне для описання вихідної залежності в досліджуваних межах зміни факторів, так як $3,33 < 19,3$.

За рівнянням (5.4) побудовані графіки на рис. 5.10, 5.11, 5.12.

Максимальний рівень (+1)



Змінні фактори X1, X2.
Рис.5.10. Дослідження впливу витрат дефектату цементу на водоутримуючу здатність розчинової суміші (марки розчинів 150-300)

Основний рівень (0)

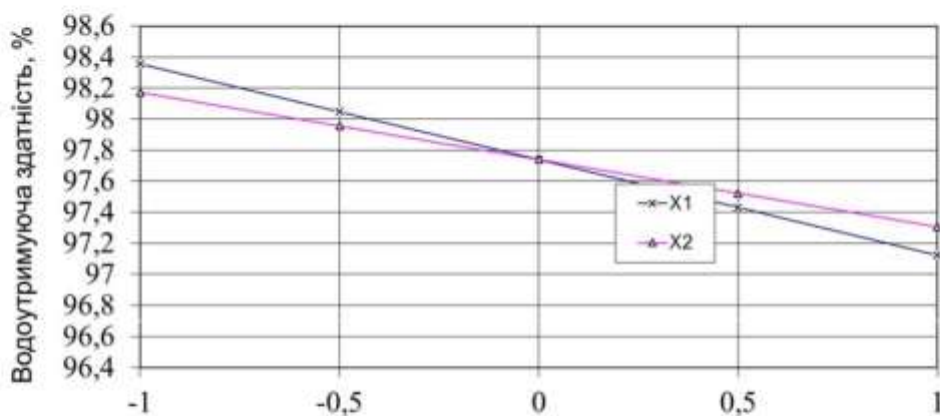


Рис.5.11. Дослідження впливу витрат дефектату цементу на водоутримуючу здатність розчинової суміші (марки розчинів 150-300)

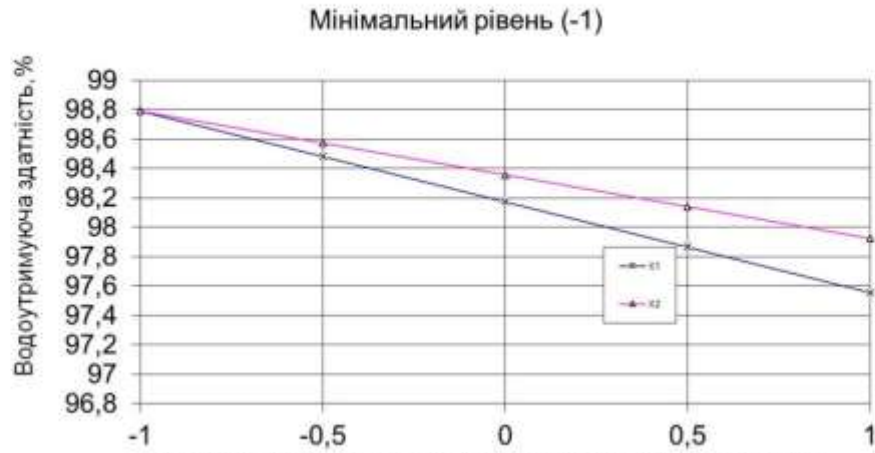


Рис.5.12. Дослідження впливу витрат дефекату цементу на водоутримуючу здатність розчинової суміші (марки розчинів 150-300)

Аналіз рівняння показує, що найбільший вплив на водоутримуючу здатність при мінімальній витраті компонентів. Графічний аналіз, який представлений в трьох варіаціях рис. 5.10 показує, що при знаходженні факторів на максимальному рівні найменша водоутримуюча здатність. При знаходженні факторів на основному рівні найбільша водоутримуюча здатність при середній витраті вапна. На рис. 5.12 показано, що можна отримати найменшу водоутримуючу здатність при мвксимальній витраті компонентів.

РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

6.1. Бетонні роботи

Під час приготування, подавання, укладання і догляду за бетоном та будівельним розчином заготовлення, монтажу арматури, а також монтажу та демонтажу опалубки повинні бути вжиті заходи із запобігання впливу на працюючих таких небезпечних і шкідливих виробничих факторів:

- розташування робочих місць поблизу перепаду по висоті до 1,3 м і більше;
- машини, що рухаються, та предмети, що ними переміщуються;
- обвалення елементів будівельних конструкцій і опалубки;
- підвищена температура арматури (під час виконання робіт із попереднього термонапруження арматури);
- шум і вібрація, недостатня освітленість робочого місця;
- несприятливі метеорологічні умови;
- підвищена напруга в електричному колі, замикання якого може відбутися через тіло людини.

За наявності попередньо зазначених небезпечних і шкідливих виробничих факторів, безпека виконання бетонних робіт повинна бути забезпечена відповідно до вимог проектно-технологічної документації. Одночасно необхідно визначити:

- небезпечні зони та засоби їх позначення (огорожі);
- безпечні засоби механізації для приготування, транспортування, подавання та укладання бетону;
- несучу здатність, міцність та стійкість опалубки, послідовність її монтажу та демонтажу;
- послідовність монтажу арматури;
- заходи та засоби забезпечення безпеки робочих місць на висоті;

- заходи та засоби безпеки праці під час догляду за бетоном у теплу та холодну пори року.

Цемент для виконання бетонних робіт необхідно зберігати в силосах, бункерах, ларях, інших закритих ємностях, запобігаючи розпиленню під час завантаження і вивантаження. Завантажувальні отвори повинні бути закриті захисними ґратами, а ґрати закриті на замок.

Під час використання пари для прогрівання заповнювачів, що знаходяться в бункерах або інших ємностях, необхідно вживати заходів для запобігання проникненню пари в робочі приміщення.

Спускання робітників у камери, що обігріваються парою, допускається після відключення подачі пари, охолодження камери і розташованих в ній матеріалів та виробів до температури плюс 40 °С.

6.2. Порядок виконання робіт

Перед початком бетонних робіт керівник зобов'язаний:

- перевірити стійкість, міцність, справність риштувань, конструкцій опалубки, огорож робочих горизонтів;
- перевірити справність тари, бункерів, бетононасосів, маніпуляторів; - забезпечити працівників необхідними засобами індивідуального захисту.

Робота змішувальних машин повинна здійснюватися з дотриманням таких вимог:

- очищення прямиків для завантажувальних ковшів повинно здійснювати після надійного закріплення ковша в піднятому положенні;
- очищення барабанів і корит змішувальних машин дозволяється тільки після зупинки машини і зняття напруги.

Під час заготівлі арматури необхідно:

- огороджувати місця, призначені для розмотування бухт (мотків) і виправлення арматури;
- під час різання верстатами стрижнів арматури на відрізки довжиною менше ніж 30 см застосовувати пристрої, що запобігають їх розлітання;

- огорожувати робоче місце під час обробки стрижнів арматури, що виступають за габарити верстака, а у разі використання двобічних верстаків, крім цього, розділяти верстак посередині поздовжньою металевою запобіжною сіткою висотою не менше ніж 1 м;

- складати заготовлену арматуру в спеціально відведені для цього місця;

- закривати щитами торцеві частини стрижнів арматури в місцях загальних проходів, які повинні бути завширшки не менше ніж 1,0 м.

Стропування арматурних стрижнів або каркасів під час переміщення їх вантажопідіймальними кранами повинні здійснювати стропальники.

Складати арматурні каркаси вертикальних конструкцій (колон, стінової огорожі тощо) необхідно з робочих настилів шириною не менше ніж 0,8 м, що мають захисну огорожу.

Відстань між настилами по висоті повинна бути не більше ніж 2,0 м.

Під час виконання робіт на висоті робоче місце арматурника повинно бути огорожено. Якщо неможливо встановити огорожу, а також якщо нахил робочої поверхні більше ніж 20°, працівники повинні користуватись запобіжними поясами і страхувальними канатами, місця закріплення яких визначаються у технологічних картах.

Під час зварювання арматури у закритих приміщеннях робочі місця зварювальників повинні бути відділені від суміжних робочих місць і проходів переносними ширмами з незаймистих матеріалів.

Елементи каркасів арматури необхідно пакетувати з урахуванням умов їх піднімання, складування і транспортування до місця монтажу.

Доступ робітників на встановлені арматурні та арматурноопалубні блоки до повного їх закріплення забороняється.

Ходіння по укладеній арматурі допускається тільки по спеціальних настилах завширшки не менше ніж 0,6 м, закріплених на арматурному каркасі.

Арматурні випуски з плит за їх висоти над рівнем бетону до 1,0 м повинні бути захищені (наприклад, гофрованою пластмасовою трубкою).

Установлення підкладок чи фіксаторів захисного шару під виготовлені арматурні сітки необхідно виконувати з використанням подовжувачів.

Під час проектування технології будівництва монолітних, каркасно-монолітних будівель і споруд необхідно передбачати відставання зведення конструкцій сходових кліток не більше ніж на один поверх. Методи піднімання працівників на робочі горизонти повинні бути визначені в ПВР.

Опалубка для зведення вертикальних елементів будівель і споруд повинна бути жорстко закріплена на робочому горизонті. Опалубка повинна бути облаштована елементами (площадки, драбини тощо), використання яких забезпечує безпечне піднімання працівників на позначки робочих місць.

Методи захисту від падіння з висоти працівників, елементів опалубки під час її улаштування та розбирання повинні бути передбачені в технологічних картах на виконання бетонних робіт.

Переміщення завантаженого або порожнього бункера для бетону дозволяється тільки, якщо затвор зачинено.

Під час укладання бетону з бункера відстань між нижнім краєм бункера та раніше покладеним бетоном або поверхнею, на яку укладається бетон, повинна бути не більше ніж 1,0 м, якщо інші відстані не передбачені ПВР.

Подавання бетонної суміші за допомогою бетононасоса за відсутності надійної сигналізації між оператором і робітниками, які укладають бетон, забороняється.

Перед включенням бетононасоса повинна бути перевірена надійність роботи замкових з'єднань і ввімкнута сигналізація.

Перед початком укладання бетонної суміші віброхоботом повинна бути перевірена справність та надійність закріплення всіх його ланок між собою і до страхувального каната.

Під час подавання бетону до місця його укладання бетононасосами необхідно забезпечити вільний доступ до стаціонарних вертикальних стояків бетоноводів.

Здійснювати монтаж і демонтаж бетоноводів дозволяється тільки після зниження тиску у бетоноводі до атмосферного.

Під час подавання бетону за допомогою бетононасоса необхідно:

- відводити всіх працюючих від бетоноводу на час його продування на відстань не менше ніж 10 м;

- укладати бетоноводи на прокладки для зменшення впливу динамічного навантаження на арматурний каркас і опалубку під час подавання бетону.

Видалення пробки з бетоноводу стисненим повітрям допускається за умов:

- наявності захисного щита вихідного отвору бетоноводу;
- перебування працюючих на відстані не менше ніж 10 м від вихідного отвору бетоноводу;
- рівномірного без перевищення допустимого тиску подавання повітря до бетоноводу.

За неможливості видалення пробки необхідно скинути тиск у бетоноводі, простукуванням знайти місце, де знаходиться пробка в бетоноводі, роз'єднати бетоновід і видалити пробку чи замінити засмічену ланку.

Здійснювати ремонт, монтаж, демонтаж, перевірку надійності швидкознімальних з'єднань ланок бетоноводу або їх заміну під час роботи бетононасоса заборонено.

Улаштування елементів опалубки у кілька ярусів допускається у разі, якщо це передбачено інструкцією з експлуатації опалубки заводу-виробника.

Розбирати опалубку з дозволу керівника робіт допускається після досягнення бетоном не менше 70 % міцності, що визначена проектною документацією конструкції.

Під час розбирання опалубки повинні бути вжиті заходи з унеможливлення випадкового падіння працюючих, елементів опалубки, обвалення підтримувальних риштувань і конструкцій.

Монтаж, демонтаж, експлуатацію самопіднімальної опалубки необхідно виконувати згідно з інструкцією організації-виробника.

Під час пересування секцій ковзної опалубки та пересувних риштувань повинні бути вжиті заходи, що забезпечують безпеку працюючих. Особам, що не беруть участі у цій операції, перебувати на секціях опалубки чи на риштуваннях забороняється.

Під час ущільнення бетонної суміші електровібраторами переміщувати їх необхідно за допомогою спеціальних тяг; під час перерв у роботі та під час переходу з одного місця на інше електровібратори повинні бути вимкнуті.

Експлуатація електрокабелю, що живить вібратор, з пошкодженою ізоляцією заборонена.

Під час електропрогрівання бетону, монтажу та приєднання електрообладнання до живильної мережі роботу повинні виконувати тільки електромонтери, які мають кваліфікаційну групу з електробезпеки не нижче III.

Місце електропрогрівання бетону повинно бути огорожене згідно з вимогами [ДСТУ Б В.2.8-43:2011](#), [ДСТУ-Н Б А.3.2-16:2015](#) захисною огорожею, на якій встановлюються попереджувальні написи та сигнальні лампи червоного кольору (у разі виходу їх з ладу (перегоряння) повинно відбуватися автоматичне відключення напруги на прогрівальній ділянці).

У зоні електропрогрівання повинні бути застосовані ізольовані гнучкі кабелі чи провідники у захисних ізоляційних шлангах. Заборонено прокладати живильні провідники чи кабелі безпосередньо по ґрунту чи по шару тирси, а також використовувати провідники та кабелі з пошкодженою ізоляцією.

Зона електропрогрівання бетону повинна знаходитися під цілодобовим наглядом електромонтерів, які виконують монтаж електромережі.

Перебування працівників і виконання робіт на цих ділянках не допускається за винятком робіт, що виконуються за нарядом-допуском.

Вимірювати температуру прогрівання бетону дозволяється лише при повному знятті напруги або при напрузі не більше ніж 25 В.

Відкрита (не забетонована) арматура залізобетонних конструкцій, що пов'язана з ділянкою, яка знаходиться під електропрогріванням, підлягає заземленню.

Після кожного переміщення електрообладнання, що застосовувалось під час прогрівання бетону, на нове місце необхідно візуально проконтролювати стан мережі живлення та інструментально виміряти опір ізоляції.

Забороняється виконання бетонних робіт з риштувань, площадок тощо під час грози, ожеледі, туману і за швидкості вітру 12 м/с і більше.

Під час свердління алмазними кільцевими свердлами технологічних отворів для монтажу трубопроводів у бетонних і залізобетонних конструкціях на місці очікуваного падіння керна повинна бути відгороджена небезпечна зона.

Під час експлуатації на будівельному об'єкті маніпулятора з гідравлічним приводом стріли-розподільника заборонено:

- перебувати у небезпечній зоні в радіусі 4 м від місця розташування розподільного шланга або безпосередньо під стрілою-розподільником бетону;

- виконувати роботи маніпулятором у межах охоронних зон діючих ЛЕП, а також на відстані елементів маніпулятора (за винятком розподільного шланга) від будівельних конструкцій менше ніж 1,0 м;

- експлуатувати маніпулятор за мінусової зовнішньої температури, а також під час перевищення швидкості вітру, зазначеної в паспорті заводу-виробника маніпулятора;

- виконувати виробничі операції з гідроманіпулятором із зусиллями, що не передбаченні інструкцією з його експлуатації.

До роботи з маніпулятором допускаються особи, що пройшли спеціальне навчання та відповідний інструктаж із безпечного ведення робіт.

6.3. Організація робочих місць

Під час бетонування перекриттів опалубку необхідно огородити вздовж всього периметру. Всі отвори в робочій підлозі опалубки повинні бути закриті щитами. Якщо необхідно, щоб отвори були постійно відкритими, вони повинні бути закриті ґратами.

Місця розташування опор стояків опалубки перекриттів повинні бути огорожені та позначені заборонними знаками безпеки з пояснювальними

написами. Вхід (прохід) під час виконання бетонних робіт в (через) цю зону заборонено.

Перед монтажем збірної опалубки стін, колон, пілонів, що розташовані на краю перекриття, ригелів, склепінь у випадках, коли монтажник під час виконання робіт перебуває не на робочій підлозі опалубки, повинні бути улаштовані робочі настили завширшки не менше ніж 0,8 м із захисними суцільними огорожами, конструкція яких повинна бути розрахована на можливі технологічні навантаження і бути визначена у ПВР.

Після зняття частини ковзної опалубки та підвісних риштувань торцеві сторони опалубки необхідно огородити.

Для захисту працівників, що виконують роботи на підвісних риштуваннях, від предметів, що можуть падати зверху, по зовнішньому периметру ковзної опалубки повинні бути обладнані козирки шириною не менше ніж ширина риштувань.

Вантажно-розвантажувальні роботи, знімні вантажозахоплювальні пристрої, стропи і тара, призначені для подавання бетонної суміші вантажопідіймальними кранами, повинні відповідати вимогам розділу 8 цих Норм та НПАОП 0.00-1.01.

На дільницях натягання арматури в місцях, де можуть проходити люди, повинна бути встановлена захисна огорожа висотою не менше ніж 1,8 м.

Пристрої для натягування арматури повинні бути обладнані сигналізацією, що приводиться у дію під час включення приводу натяжного пристрою. Забороняється перебування людей на відстані ближче ніж 1,0 м від арматурних стрижнів, що нагріваються електрострумом.

Заготівлю та складання укрупнених арматурних каркасів необхідно виконувати у спеціально призначених для цього місцях.

Під час застосування бетонних сумішей з хімічними добавками необхідно використовувати захисні рукавички й окуляри.

Естакада для подавання бетонної суміші автосамоскидами повинна бути обладнана відбійними брусами. Між відбійними брусами й огорожами повинні

бути передбачені проходи завширшки не менше ніж 0,6 м. На тупикових естакадах повинні бути встановлені поперечні відбійні бруси.

Під час вивільнення кузовів автосамоскидів від залишків бетонної суміші працівникам забороняється перебувати в/на кузові транспортного засобу.

ВИСНОВКИ

Використання дефекату у розчинах суттєво знижує швидкість набору міцності. Міцність розчину в 7 добовому віці тверднення з використанням дефекату складає 2,6 % від марочної міцності.

Оптимальна витрата цементу для отримання марки 300 міцністю 30МПа витрата цементу складає 512,5 кг при мінімальній витраті дефекату – 166 кг. У порівнянні з використанням звичайного вапна дає економію 52,5 кг. Витрати матеріалів для марки 150 складає 356 кг цементу та 166 кг дефекату, але в даному випадку економія відсутня.

Найбільше на розшаровуваність впливає витрата цементу. Розшаровуваність розчину для марки 150 складає 4%, а для марки 300 – 6%. Водоутримуюча здатність марки 300 98,1%, а для марки 150 – 98,7%.

При найменших витратах цементу 250 кг та найменшій витраті дефекату 233кг у віці 7 діб міцність 1,7 МПа, що складає 4% від отриманої міцності. Найбільша міцність 4,25%.

На показник розшаровуваності витрата цементу не впливає при низьких його витратах.

На водоутримуюча здатність витрата цементу не впливає, оскільки переважає дефекат. При найбільшій міцності розшаровуваність складає 97,2 %.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Дворкін Л. Й. Бетони нового покоління : монографія / за ред. Л. Й. Дворкіна. Рівне : НУВГП, 2021. 316 с.
2. Гоц В. І., Павлюк В. В., Шилук В. С. Бетони і будівельні розчини. Київ : Основа, 2018. 568 с.
3. Дворкін Л. Й., Гоц В. І., Дворкін О. Л. Випробування бетонів і будівельних розчинів. Проектування їх складів. Київ, 2014. 304 с.
4. Рунова Р. Ф., Носовський Ю. Л., Дворкін Л. Й., Дворкін О. Л. В'язучі речовини. Київ : Основа, 2012. 448 с.
5. Рунова Р. Ф. Технологія модифікованих будівельних розчинів. Київ : КНУБА, 2007. 256 с.
6. *Properties of Concrete* / A. M. Neville. Harlow : Pearson, 2011. 846 p.
7. *Concrete Technology* / S. Mindess, J. F. Young, D. Darwin. Upper Saddle River : Prentice Hall, 2003. 644 p.
8. *Lea's Chemistry of Cement and Concrete* / P. C. Hewlett (Ed.). Oxford : Butterworth-Heinemann, 2004. 1092 p.
9. *Cement Chemistry* / H. F. W. Taylor. London : Thomas Telford, 1997. 459 p.
10. Mehta P. K., Monteiro P. J. M. *Concrete: Microstructure, Properties, and Materials*. New York : McGraw-Hill, 2014.
11. Siddique R. *Waste Materials and By-Products in Concrete*. Berlin : Springer, 2008.
12. Pacheco-Torgal F., Jalali S. *Eco-efficient Construction and Building Materials*. Cambridge : Woodhead Publishing, 2011.
13. Naik T. R. *Sustainability of Concrete Construction*. Reston : ASCE, 2008.
14. Palamarchuk V. et al. Effect of the elements of corn cultivation technology on bioethanol production under conditions of the right-bank forest-steppe of Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2018. Vol. 8(3). P. 47–53.
15. Palamarchuk V. et al. The modeling of the production process of high-starch corn hybrids of different maturity groups. *European Journal of Sustainable Development*. 2021. Vol. 10(1). P. 584–598.
16. ДСТУ EN 206:2019. Бетон. Вимоги, властивості, виробництво і відповідність.

17. ДСТУ EN 197-1:2015. Цемент. Склад, вимоги та критерії відповідності.
18. ДСТУ EN 12620:2019. Заповнювачі для бетону.
19. ДСТУ EN 13139:2019. Заповнювачі для розчинів.
20. ДСТУ EN 1015-11:2019. Розчини будівельні. Визначення міцності.
21. ДСТУ EN 1015-3:2019. Розчини будівельні. Визначення рухливості.
22. ДСТУ Б В.2.7-126:2011. Суміші будівельні сухі. Технічні умови.

-

Міністерство освіти і науки України
Національний університет
«Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
Навчально – науковий інститут архітектури, будівництва та землеустрою
Кафедра будівництва та цивільної інженерії

Графічні та табличні матеріали до дипломної роботи

«Дослідження властивостей будівельних розчинів з відходами виробництва»

Виконав:	В.С. Лебедєв
Керівник:	О.М. Гукасян
Завідувач кафедри:	О.В. Семко
Рецензент:	А.І. Дранчук

МЕТА РОБОТИ

Мета дослідження: експериментальне дослідження міцності розчинів, водоутримуючої здатності та розшаровуванності розчинових сумішей з використанням вілходу виробництва (дефекту). Розробка складів розчинів та методик проведення експериментів.

Об'єкт дослідження: зразки розчину та розчинові суміші, дефекат.

Методи дослідження: міцності на стиск розчинової суміші, водоутримуючої здатності розчину. Експерименти проводилися з використанням математико-статистичних методів та комп'ютерною обробкою результатів дослідження.

МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНІ

Матриця проведення експериментів

№ досліджу	Матриця планування (x _i)		Квадрати перемінних (x ² _i)		Взаємодія (x _i x _j)		Властивості будівельного розчину (вихід)				
	x ₁	x ₂	x ² ₁	x ² ₂	x ₁ x ₂	x ₁ x ₃	R _{ср7}	R _{ср28}	ρ _m	n	v
1	+	+	+	+	+	+					
2	-	+	+	+	-	-					
3	+	+	+	+	-	+					
4	-	+	+	+	+	-					
5	+	-	+	+	+	-					
6	-	-	+	+	-	+					
7	+	-	+	+	-	-					
8	-	-	+	+	+	+					
9	+	0	+	0	0	0					
10	-	0	+	0	0	0					
11	0	0	0	+	0	0					

Код.	Значення коду	Значення факторів	
		X ₁ , цемент кг	X ₂ , дефекат кг
Основний рівень	0	450	70
Інтервал варіювання	ΔX _i	125	20
Верхній рівень	+1	575	90

МЕТОДИКА ВИПРОБУВАНЬ ТА ХАРАКТЕРИСТИКА ВИХІДНИХ МАТЕРІАЛІВ

ДСТУ Б В.2.7-239:2010 Будівельні матеріали. Розчини будівельні.
Методи випробувань (EN 1015-11:1999, NEQ)

Найменування досліджуваних показників портландцементу	Результати випробувань	Найменування досліджуваних Показників піску	Результати випробувань
Визначення тонкості помелу	92 %	Модуля крупності	0,9
Визначення нормальної густини цементного тіста	26,5%	Визначення вмісту пилевидних та глинистих часток	9%
Визначаємо терміни тужавіння цементу - початок - кінець	65 хв 9,5 год	Визначення органічних домішок	В межах норми
Визначення границі і міцності при згині	55,2 кгс/см ²	Визначення істинної густини	2,6 г/см ³
Визначення границі і міцності при стиску	425,88кгс/см ²	Визначення насипної густини	1295кг/м ³
Визначення консистенції цементного розчину	106 мм	Визначення пористості	50%
		Визначення вологості	5,26%

Характеристика дефекату	Одиниці	Значення
Вміст цукрових речовин	%	4
Питома поверхня	см ² /г	5000
Істина густина	г/см ³	2,7
Вологість	%	33,2
Густина	г/см ³	1,401

Витрата матеріалів 1 м³ розчинової суміші 5

Марка розчину	Цемент, кг	Пісок, кг
M300	575	1300
M200	450	1300
M150	325	1300
M100	250	1300
M75	200	1300
M50	150	1300

Значення інтервалів варіювання

Код.	Значення коду	Значення факторів	
		X ₁ , кг	X ₂ , кг
Основний рівень	0	450	70
Інтервал варіювання	ΔX_i	125	20
Верхній рівень	+1	575	90
Нижній рівень	-1	325	50

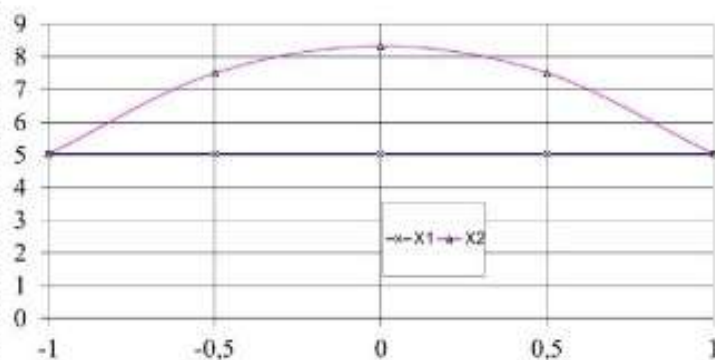
Результати випробувань

№ дослід	План експерименту		Натуральні змінні значення		Границя міцності на стиск 7 діб, R _{ст} сер, МПа	Границя міцності на стиск 28 діб, R _{ст} сер, МПа	Показник розшарування п, %	Водоутримуюча здатність, %	Середня густина, г/см ³
	X1	X2	X1	X2					
1	1	1	575	90	5,39	11,17	0,71	96,631	1,84
2	1	-1	575	50	6,05	12,8	2,64	97,858	2,03
3	-1	1	325	90	1,95	4,2	3,13	97,583	2,2
4	-1	-1	325	50	2,31	4,6	4,14	99,752	1,94
5	1	0	575	70	7,82	12,96	4,95	96,899	1,96
6	-1	0	325	70	4,21	4,99	4,81	97,755	1,95
7	0	1	450	90	4,02	7,56	10,03	97,835	1,84
8	0	-1	450	50	4,43	9,67	10,03	97,044	2,03
9	0	0	450	70	6,65	9,77	3,63	98,422	2,13
10	0	0	0	0	10,84	19,81	7,54	97,487	2,11
11	0	0	0	0	9,09	14,15	5,93	97,903	2,07

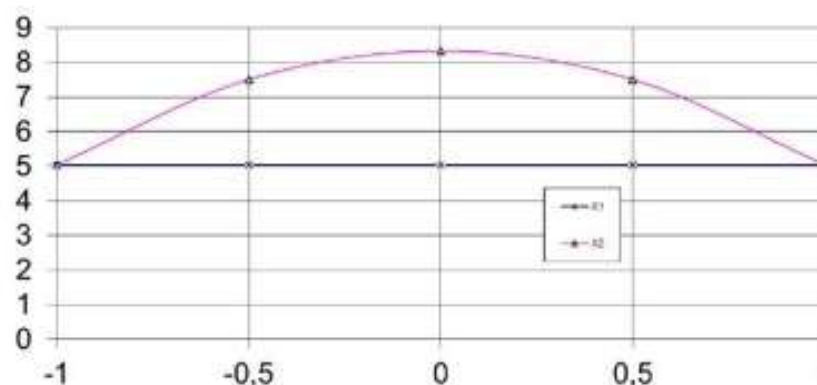
РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Границя міцності при стиску зразків розчинової суміші у віці 7 діб, МПа

Максимальний рівень (+1)

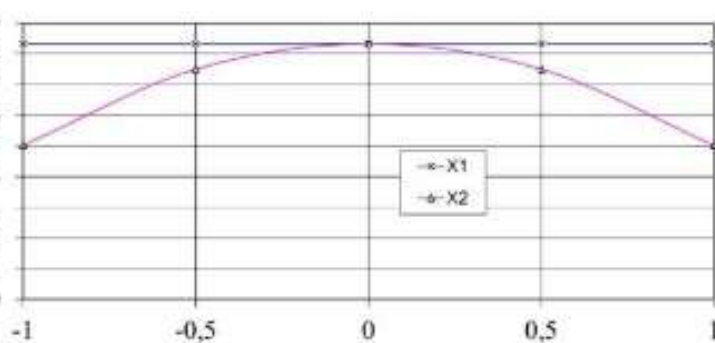


Мінімальний рівень (-1)



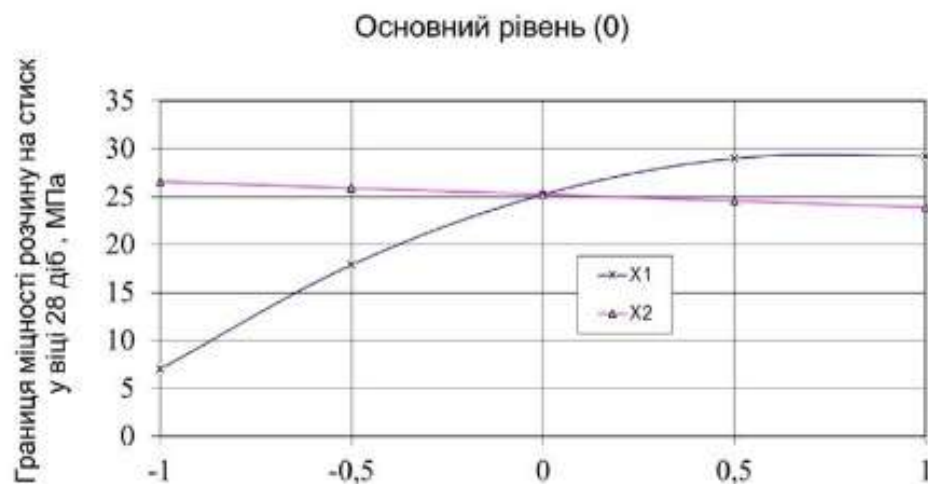
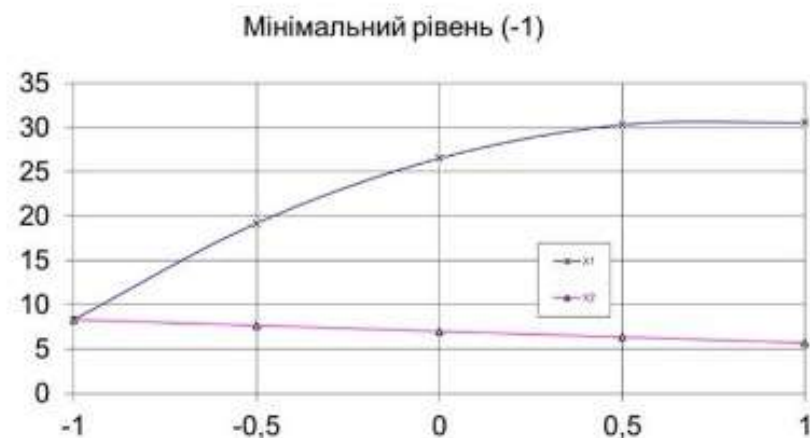
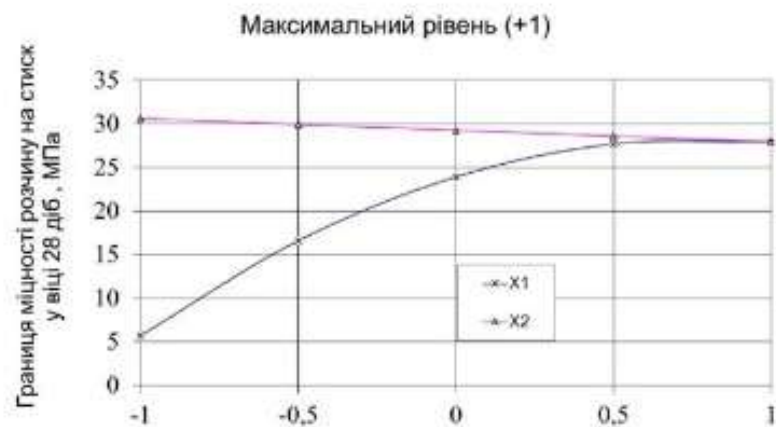
Границя міцності при стиску зразків розчинової суміші у віці 7 діб, МПа

Основний рівень (0)



Результати дослідження впливу витрати цементу та дефекату на границю міцності на стиск у віці 7 діб розчинів марок 150-300

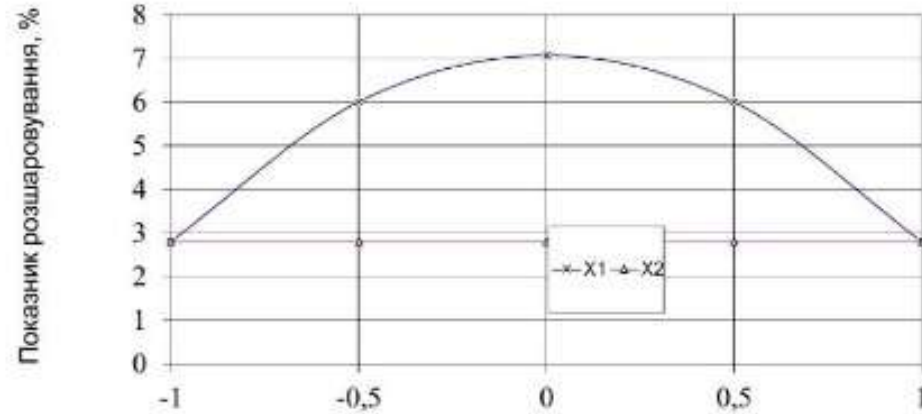
РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ



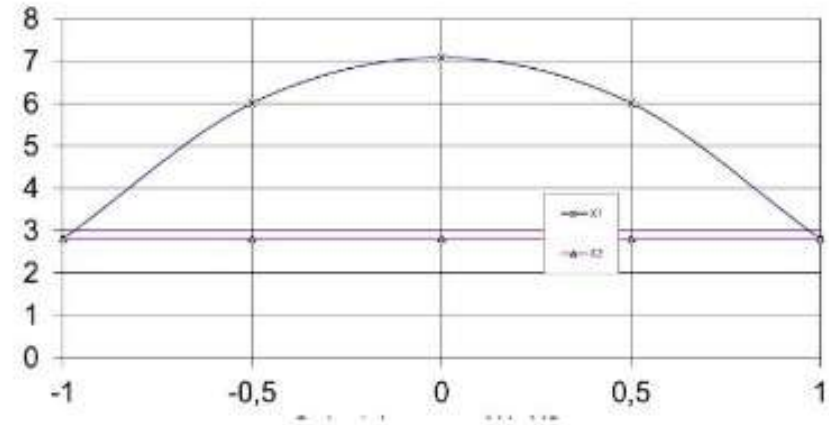
Результати дослідження впливу витрати цементу та дефекату на границю міцності на стиск у віці 28 днів розчинів марок 150-300

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

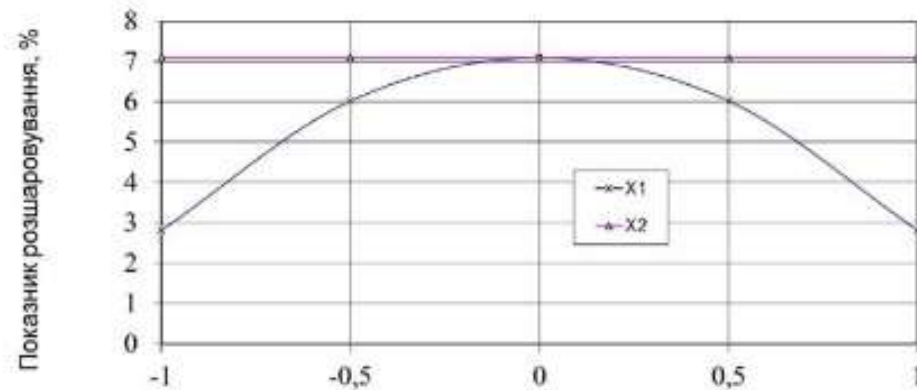
Максимальний рівень (+1)



Мінімальний рівень (-1)

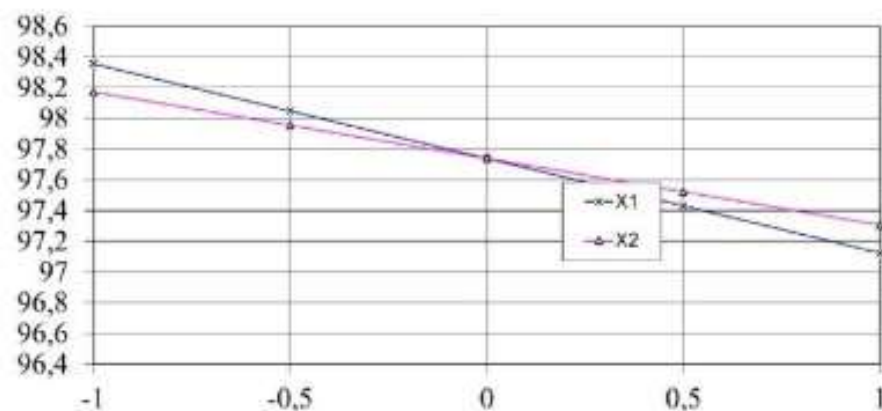
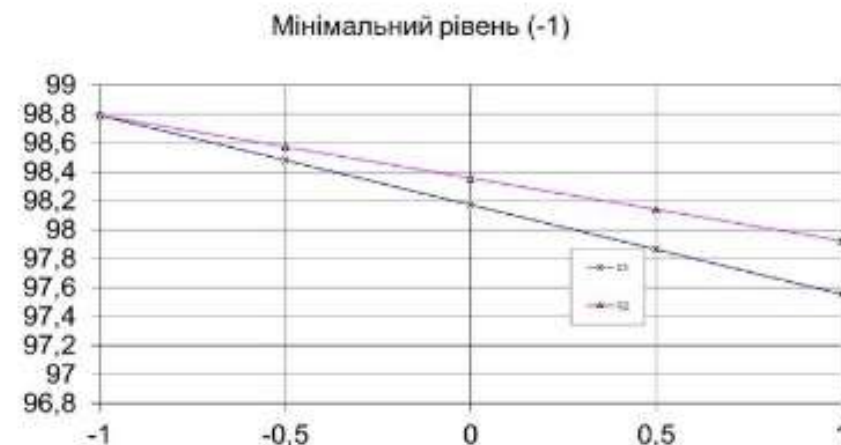
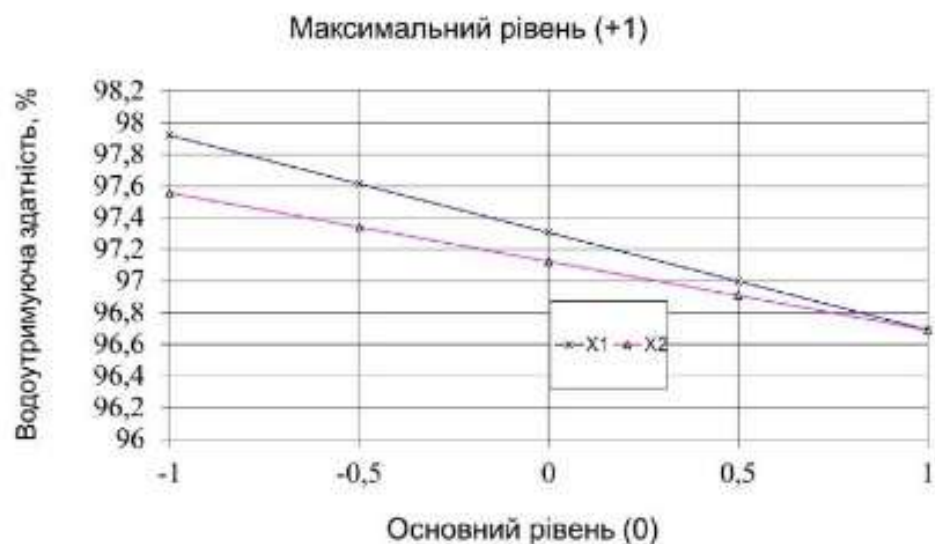


Основний рівень (0)



**Результати дослідження
впливу витрати цементу та
дефекту на розшаровуваність
розчинів марок 150-300**

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ



**Результати дослідження
впливу витрати цементу та
водоутримуючої здатності
розчинів марок 150-300**