

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ імені Ю.М. Потебні

Кафедра промислового та цивільного будівництва

Кваліфікаційна робота

другий (магістерський)

(рівень вищої освіти)

на тему: «ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ УЛАШТУВАННЯ
ВИСОКОМІЦНИХ БЕТОННИХ ПІДЛОГ ПРОМИСЛОВИХ ТА
ЦИВІЛЬНИХ БУДІВЕЛЬ»

Виконав: студент 2 курсу, групи 8.1921 пцб-з

спеціальності 192 «Будівництво та
цивільна інженерія»

(код і назва спеціальності)

освітньої програми «Примислове і цивільне
будівництво»

(код і назва освітньої програми)

Кононенко М.В.

(ініціали та прізвище)

Керівник доц., к.т.н. Самченко Р.В.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент к.т.н. Данкевич Н.О.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

м. Запоріжжя – 2022 рік

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ІМ. Ю.М. ПОТЕБНІ

Кафедра Промислового та цивільного будівництва
Рівень вищої освіти другий магістерський
Спеціальність 192 «Будівництво та цивільна інженерія»
(код та назва)
Освітня програма «Промислове і цивільне будівництво»
(код та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ПЦБ
проф. Арутюнян І.А.
« » 2022 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Кононенко Микола Васильович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи (проекту) Організаційно-технологічні рішення улаштування високо-міцних бетонних підлог промислових та цивільних будівель

керівник роботи Самченко Роман Васильович, к.т.н.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЗНУ від «02» червня 2022 року № 598-с

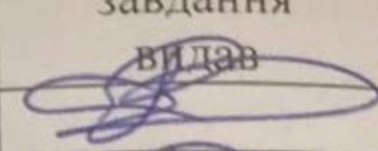

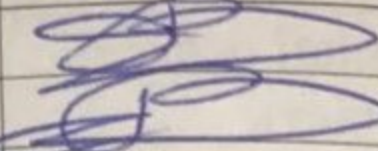
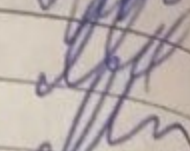
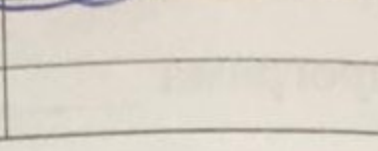
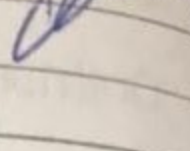
2 Строк подання студентом роботи 01.12.2022 р.

3 Вихідні дані до роботи Актуальність обраного напрямку досліджень, значимість у сучасному житті, можливості розвинення проблематики, перспективи впровадження майбутніх досягнень, мета роботи, завдання до виконання обраних досліджень, об'єкт досліджень, предмет досліджень

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Провести аналіз стану організаційно-технологічних рішень улаштування високо-міцних бетонних підлог промислових та цивільних будівель. Дослідити параметри технологічних процесів улаштування високо-міцних бетонних підлог

5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Від восьми графічних аркушів із результатами аналітичних обґрунтувань наукового напрямку досліджень, результатами експериментальних досліджень, доказами оптимальності запропонованих методик, результатами чисельних розрахунків із застосуванням сучасних інформаційних методів досліджень

6 Консультанти розділів роботи

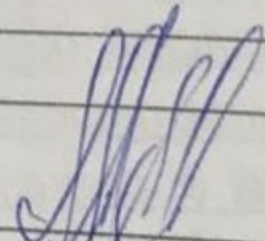
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	Самченко Р.В., доц.		
Розділ 2	Самченко Р.В., доц.		
Розділ 3	Самченко Р.В., доц.		

7 Дата видачі завдання 20.06.2022 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

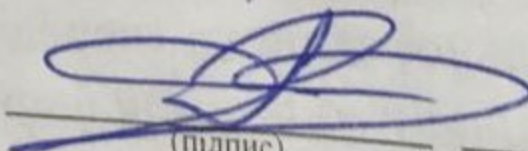
№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітки
1	ДОСЛІДЖЕННЯ МАТЕРІАЛІВ І ТЕХНОЛОГІЙ, ЩО ЗАСТОСОВУЮТЬСЯ ПРИ УЛАШТУВАННІ ВИСОКОМІЦНИХ БЕТОННИХ ПІДЛОГ, І ЇХНЬОГО ТЕХНІЧНОГО СТАНУ	9 вересня	
2	МЕТОДИКА ОЦІНКИ ЯКОСТІ РОБІТ ПРИ УЛАШТУВАННІ ВИСОКОМІЦНИХ БЕТОННИХ ПІДЛОГ	12 листопад	
3	РОЗРОБКА ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ, ЩО ПІДВИЩУЮТЬ ЕФЕКТИВНІСТЬ УЛАШТУВАННЯ ВИСОКОМІЦНИХ БЕТОННИХ ПІДЛОГ	30 листопад	

Студент


(підпис)

М.В. Кононенко
(ініціали та прізвище)

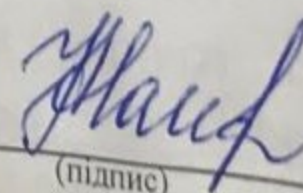
Керівник роботи


(підпис)

Р.В. Самченко
(ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер


(підпис)

Н.О. Данкевич
(ініціали та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Кононенко М.В.. Організаційно-технологічні рішення улаштування високо-міцних бетонних підлог промислових та цивільних будівель.

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія/ Наук. кер. Р.В. Самченко, Запорізький національний університет. Інженерний навчально-науковий інститут ім. Потебні. Кафедра промислового та цивільного будівництва, 2022.

Зростаючі вимоги, пропоновані до сучасних промислових і цивільних об'єктів, створюють необхідність улаштування міцних і зносостійких бетонних підлог з підвищеною рівністю й тріщиностійкістю. На сьогоднішній день особливо актуальною стала проблема підвищення їх якості й терміну служби. Стан підлог безпосередньо впливає на якість і надійність функціонування всього виробничого процесу. У цей час спостерігається перманентна тенденція погіршення стану конструкцій бетонних підлог не тільки в будівлях старої забудови, але й на нових об'єктах. В Україні це обумовлене складною економічною ситуацією, недосконалістю нормативної бази, відсутністю належного догляду за конструкціями, збільшенням навантажень і використанням сучасного напольного транспорту.

Ключові слова: УЛАШТУВАННЯ ПІДЛОГ, ВИСОКОМІЦНІ БЕТОННІ ПІДЛОГИ, ТРІЩІНОУТВОРЕННЯ, УДАРНА СТІЙКІСТЬ ПІДЛОГ, МАТЕРІАЛИ ФІНІШНОГО ШАРУ.

Кононенко М.В., Самченко Р.В. Організаційно-технологічні рішення улаштування високоміцних бетонних підлог промислових та цивільних будівель. Актуальні питання сталого науково-технічного та соціально-економічного розвитку регіонів України: зб. матеріалів доп. учасн. II Всеукраїнської науково-практичної конференції за участю молодих науковців. Запоріжжя: ЗНУ, 2022. С.348.

ABSTRACT

Kononenko M. V. Organizational and technological solutions for the arrangement of high-strength concrete floors of industrial and civil buildings. Qualifying Master's Degree in Specialty 192 - Construction and Civil Engineering / Science manager Associate Professor Samchenko R.V. Zaporizhzhia National University. Engineering Educational and Scientific Institute named after Desired Department of Industrial and Civil Engineering, 2022

The growing demands offered to modern industrial and civilian objects create the need for the installation of durable and durable concrete floors with increased equality and freshness. To date, the problem of improving their quality and service life has become especially urgent. The state of the floor directly affects the quality and reliability of the operation of the entire production process. At this time there is a permanent tendency for deterioration of the condition of concrete floors, not only in the buildings of the old building, but also on new objects. In Ukraine, this is due to the difficult economic situation, the imperfection of the regulatory framework, the lack of proper maintenance of structures, increased load and the use of modern outdoor transport.

Key words: BREASTING, HIGH-CONCRETE CONCRETE FLOORS, STRUCTURAL ARRANGEMENTS, FINE STABILITY OF THE FLOOR, MATERIALS OF THE FINISHING BALL.

Samchenko R.V., Kononenko M. V. Organizational and technological solutions for the arrangement of high-strength concrete floors of industrial and civil buildings. Current issues of sustainable scientific, technical and socio-economic development of the regions of Ukraine: collection of additional materials. participation II All-Ukrainian scientific and practical conference with the participation of young scientists. Zaporizhzhia: ZNU, 2022. P.348.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1.1. Проблеми довговічності конструкцій бетонних підлог промислових і цивільних будівель.....	10
1.2. Стан питання улаштування високоміцних бетонних підлог. Постановка завдань досліджень	16
1.3 Висновки по розділу	24
2 ДОСЛІДЖЕННЯ МАТЕРІАЛІВ І ТЕХНОЛОГІЙ, ЩО ЗАСТОСОВУЮТЬСЯ ПРИ УЛАШТУВАННІ ВИСОКОМІЦНИХ БЕТОННИХ ПІДЛОГ, І ЇХНЬОГО ТЕХНІЧНОГО СТАНУ	26
2.1. Основні конструктивні рішення й матеріали, що застосовуються для улаштування високоміцних бетонних підлог промислових і цивільних будівель	26
2.2 Аналіз існуючих організаційно-технологічних рішень улаштування високоміцних бетонних підлог	41
2.3. Дослідження факторів, що впливають на довговічність конструкцій високоміцних бетонних підлог	50
2.4 Аналіз нормативної документації, що регламентує методи улаштування високоміцних бетонних підлог	59
2.5 Дослідження технічного стану експлуатованих конструкцій високоміцних бетонних підлог	64
2.6 Аналіз існуючих методик оцінки якості робіт на прикладі складських будівель	80
2.7 Висновки по розділу	83
3 МЕТОДИКА ОЦІНКИ ЯКОСТІ РОБІТ ПРИ УЛАШТУВАННІ ВИСОКОМІЦНИХ БЕТОННИХ ПІДЛОГ	85
3.1 Дослідження впливу затирочних операцій на ранні стадії твердіння бетонної суміші	85

3.2 Висновки по розділу	101
4 РОЗРОБКА ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ, ЩО ПІДВИЩУЮТЬ ЕФЕКТИВНІСТЬ УЛАШТУВАННЯ ВИСОКОМІЦНИХ БЕТОННИХ ПІДЛОГ	102
4.1. Застосування методу 3 D-моделювання для вдосконалювання технологічних процесів	102
4.2 Вдосконалювання технологічних операцій обробки поверхні високоміцних бетонних підлог	105
4.3 Висновки по розділу	119
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	1203
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	1214

ВСТУП

Актуальність теми досліджень. Проектування й створення довговічних, міцних підлог є частиною комплексного процесу зведення будівель. Улаштування бетонних підлог є традиційним і одним з перспективних напрямків у даному виді робіт, що одержало широке поширення в усьому світі.

Як відомо, підлоги – будівельні конструкції, на яких здійснюється весь виробничий процес і діяльність людей, від їхнього стану залежить якість виробленої продукції, а також здоров'я людей. Підлоги відносяться до невід'ємних елементів будівель, що визначають тепловий комфорт, гігієнічність приміщення, його естетичність. Особливістю експлуатації конструкцій підлог є їхня схильність динамічному впливу людей або техніки.

Зростаючі вимоги, пропоновані до сучасних промислових і цивільних об'єктів, створюють необхідність улаштування міцних і зносостійких бетонних підлог з підвищеною рівністю й тріщиностійкістю. На сьогоднішній день особливо актуальною стала проблема підвищення їх якості й терміну служби [23, 25, 27].

Стан підлог безпосередньо впливає на якість і надійність функціонування всього виробничого процесу. У цей час спостерігається перманентна тенденція погіршення стану конструкцій бетонних підлог не тільки в будівлях старої забудови, але й на нових об'єктах. В Україні це обумовлене складною економічною ситуацією, недосконалістю нормативної бази, відсутністю належного догляду за конструкціями, збільшенням навантажень і використанням сучасного напільного транспорту.

У неналежному стані конструкцій високоміцних підлог не вбачається соціальна й економічна небезпека для того або іншого об'єкта або підприємства, у той час, як ці проблеми вимагають невідкладного рішення. Збільшення інтенсивності руху, ріст навантажень, у тому числі, і динамічних, створюють погрозу для надійності підлог.

Не всі конструкції підлог задовольняють комплексу вимог. У більшості випадків підлоги перебувають у незадовільному стані, незважаючи на велику різноманітність застосовуваних матеріалів і технологій.

У цей час спостерігається відсутність сучасної нормативної бази на проектування й улаштування підлог, у результаті чого вибір матеріалів і технологій відбувається без необхідного інженерного пророблення. При цьому, основними критеріями вибору конструкції стають попередній досвід підрядника й цінові обмеження замовника [41].

Має місце недостатнє, а найчастіше й повна відсутність уваги до проблеми оцінки властивостей основи й значень майбутніх експлуатаційних навантажень, а також до проблеми попередніх інженерних розрахунків несучої конструкції при надмірному акценті на матеріалах фінішного шару й технологіях його нанесення. Недостатня увага приділяється наявності й кількості домішок у бетонах у вигляді глинистих і пилоподібних часток, що знижують показники міцності на розтягування й ударну стійкість, досить часто відбувається недотримання технології провадження робіт і неправильний вибір кваліфікації робітників і інженерно-технічного персоналу [41].

Як показують дослідження, вплив навантажень, що перевищують розрахункові й попередньо задані, може значно видозмінювати характеристики застосовуваних матеріалів, що у свою чергу негативно позначається на експлуатаційному ресурсі підлоги в цілому [25, 26, 41].

До цього часу питанням дослідження проблем довговічності й експлуатаційної надійності промислових підлог приділялося мало уваги, незважаючи на те, що їх значимість для забезпечення надійності здійснення запланованих виробничих і інших процесів очевидна. У результаті такого недогляду придбали масовий характер такі дефекти й ушкодження підлог, як неприпустиме тріщиноутворення, порушення рівності й площинності, руйнування швів і підвищене зношування поверхні [23].

Питанням удосконалювання організаційно-технологічних рішень улаштування бетонних підлог присвячені праці І. І. Гаращенко [20], А. М. Горба й І. А. Войлокова [25, 29, 32, 35], В. Я. Далматова [98], І. А. Дегтева [45], І. П. Кім [150], О. В. Козир [60], Н. І. Котляра [66, 67], В. В. Савйовського [112-114], О. Л. Фіговського [68, 130, 134], А. А. Шестопалова [138], І. В. Шумакова [141-147], Don Gehring [157], Austin S.A., Robins P.J., Bishop J.W. [153] і ін.

Незважаючи на прийняті в останні роки заходи, спрямовані на забезпечення надійності експлуатації будівель і споруд, включаючи конструкції високоміцних підлог, багато завдань підвищення експлуатаційної надійності чекають свого рішення, що, безумовно, підтверджує актуальність обраної теми досліджень. У зв'язку із цим необхідна розробка технічних, організаційно-технологічних рішень з улаштування конструкцій підлог промислових і цивільних будівель з високим ступенем надійності.

Мета і завдання досліджень. Метою дослідження є вдосконалювання організаційно-технологічних рішень улаштування високоміцних бетонних підлог промислових і цивільних будівель, спрямованих на підвищення їх експлуатаційної довговічності.

У якості робочої гіпотези прийняте припущення про можливість розробки організаційних і технологічних рішень улаштування високоміцних бетонних підлог з використанням сучасних приладів контролю якості робіт, сучасних розрахункових програмних комплексів, устаткування й інструментів, що дозволить збільшити їх експлуатаційну довговічність.

Для досягнення поставленої мети у відповідність із прийнятою робочою гіпотезою в роботі були визначені завдання дослідження:

– проаналізувати й узагальнити методичні підходи, конструктивні й організаційно-технологічні рішення, дослідити нормативну базу й результати досліджень технології й організації улаштування високоміцних бетонних підлог;

– дослідити, систематизувати й визначити ступінь впливу дестабілізуючих факторів, що відображають специфічні особливості улаштування високоміцних бетонних підлог, які впливають на їх довговічність;

– розробити методику обліку впливу організаційно-технологічних факторів на параметри процесу улаштування високоміцних бетонних підлог за умови оптимізації тривалості виконання робіт;

– розробити організаційно-технологічні й технічні рішення, які підвищують ефективність улаштування високоміцних підлог і довговічність їх конструкцій.

Об'єкт дослідження – технологічний процес улаштування високоміцних бетонних підлог промислових і цивільних будівель.

Предмет дослідження – організаційно-технологічні параметри процесу улаштування високоміцних бетонних підлог.

Методи дослідження. Для обґрунтування актуальності, формулювання мети й завдань дослідження застосований метод аналізу й узагальнення. Основні організаційно-технологічні рішення улаштування високоміцних бетонних підлог і умов виконання робіт визначені методом статистичного аналізу. Зв'язок між умовами улаштування високоміцних бетонних підлог і параметрами організаційно-технологічних рішень виявлена методом математичного моделювання. Для визначення ступеня обґрунтованості прийнятих наукових положень, висновків і рекомендацій, шляхом практичного використання в будівельних, проектних, інвестиційних організаціях прийнятий метод експериментальних досліджень.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в наступному:

– уперше встановлені закономірності впливу організаційно-технологічних факторів на параметри процесу улаштування високоміцних бетонних підлог, на підставі чого запропонована методика кількісної оцінки ступені впливу кожного з досліджених факторів, що враховують специфіку робіт;

– удосконалений методичний підхід до експериментальних досліджень у частині набору міцності бетоном, що лягло в основу запропонованої методики експерименту з прогнозування динаміки зміцнення бетонної суміші на етапі затиральних робіт;

– одержали подальший розвиток методи підвищення технологічності процесів улаштування високоміцних бетонних підлог за допомогою застосування способу 3 D-Моделювання, удосконалювання технологічних операцій обробки поверхні підлог і розробки засобів контролю якості робіт.

Практична цінність: в розроблені й науковому обґрунтуванні технологічних, організаційних і технічних рішень, які забезпечують ефективне улаштування високоміцних бетонних підлог з підвищеними показниками рівності й довговічності.

Апробація результатів магістерської роботи. Основні положення роботи докладалися в 2022 році на II Всеукраїнської науково-практичної конференції за участю молодих науковців «Актуальні питання сталого науково-технічного та соціально-економічного розвитку регіонів України» (Запоріжжя, 2022р.) за результатами якої опублікована збірка тез доповідей.

Структура й обсяг роботи. Магістерська робота складається із вступу, 4 розділів, виводів, списку використаних джерел з 163 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 139 сторінок основного тексту, містить 55 рисунків, 12 таблиць.

1 СТАН ПИТАННЯ ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАНЬ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1. Проблеми довговічності конструкцій бетонних підлог промислових і цивільних будівель

Довговічність можна охарактеризувати як властивість елемента або системи довгостроково зберігати працездатність до настання критичного стану при певних умовах експлуатації. Довговічність визначається двома умовами: фізичним або моральним зношуванням. Фізичне зношування настає в тому випадку, коли подальший ремонт і експлуатація елемента або системи стають уже не вигідними, тому що витрати перевищують дохід в експлуатації; моральне зношування означає невідповідність параметрів елемента або системи сучасним умовам їх експлуатації [23]. У цілому в будівництві довговічність є основним показником, що характеризує його якість. Завдяки високій якості виконаних робіт, до наших днів збереглися шедеври будівельного мистецтва стародавності – палаци, Колізеї, культові об'єкти. Деякі застосовані в них підлоги з натурального каменю, мозаїки, плитки виявляють собою зразки довговічних конструкцій.

Для оцінки споживчої цінності підлог з бетону або залізобетону, поряд із показниками міцності, велике значення має і їх довговічність. На відміну від показників міцності, довговічність бетонних підлог характеризувати складно. Крім того, навіть при відомих умовах експлуатації й властивостях бетонної підлоги, довговічність не є абсолютною величиною, що залишається незмінною протягом часу. Структура й властивості конструкції підлоги піддаються постійним змінам. При цьому за допомогою застосування спеціальних заходів можна значно зменшити швидкість таких змін залежно від мінливих умов експлуатації [23].

При оцінці довговічності конструкцій підлог, тобто часу роботи системи до виходу з ладу, прийнято встановлювати відповідність між параметрами впливів і якості [98]. Для розв'язку цього завдання звичайно виходять із декількох практично допустимих (у межах необхідної точності) спрощень: визначеність зовнішніх і внутрішніх впливів, лінійність математичного опису реакцій системи на впливи й адитивність реакцій, адекватність реакцій системи на впливи, монотонність убуття в часі функцій, що описують надійність системи.

Умова довговічності конструкції підлоги може бути записана в наступному виді:

$$K_{cl} - LB_i > 0, \text{ при } T_d \geq T_p, \quad (1.1)$$

де K_{cl} – параметри якості системи;

B_i – відповідні компоненти впливу;

L – лінійний оператор відповідності впливу й реакції;

T_d – довговічність системи;

T_p – розрахунковий строк експлуатації.

Виходячи з умов роботи підлог промислових і цивільних будівель, до них висувають вимоги, які більш доцільно об'єднати в наступні групи [98]:

– загальнотехнічні вимоги – конструкції підлог повинні мати відповідну міцність і зносостійкість, щоб чинити опір зусиллям розтягування, стиску й вигину, ударам і стиранню;

– технологічні вимоги – підлоги повинні протистояти фізичним і хімічним впливам (води, високих температур, масел, кислот і т.п.), бути гладкими, але не слизькими й забезпечувати можливість безпечного й зручного пересування людей і транспортних засобів, виявляючи найменший опір руху;

– санітарно-гігієнічні вимоги – конструкції підлог не повинні в процесі експлуатації виявляти шкідливого впливу на здоров'я працюючих, тобто не виділяти пил, газів, заходів, а в ряді випадків забезпечувати й комфортні теплотехнічні умови;

– експлуатаційні вимоги – підлоги повинні допускати можливість швидкого й зручного ремонту й піддаватися легкому й швидкому очищенню; експлуатаційним впливам безпосередньо зазнає верхній елемент підлоги (покриття), який визначає найменування підлоги в цілому.

На відміну від підлог цивільних будівель підлоги промислових будівель важко класифікувати за призначенням, тому що для однієї галузі промисловості в різних цехах використовуються до 25÷40 типів підлог. Так, наприклад, якщо раніше в металургії метал одержували тільки плавкою й до підлог висувалися переважно вимоги жаростійкості й міцності, то у зв'язку з розвитком технологій до таких підлог стали вже висуватися й вимоги хімічної стійкості [98].

Можна стверджувати, що довговічність конструкції бетонної підлоги – це властивість зберігати експлуатаційну придатність протягом певного, звичайно нормованого періоду, фактично до настання граничного технічного зношування, при якому ускладнюється або повністю виключається його проектна експлуатація. Зазначений нормований період передбачає, у тому числі, обов'язкове проведення заходів щодо підтримки необхідних технічних характеристик експлуатованих підлог (планові обстеження стану й систематичний догляд), а також виконання необхідних планових, непередбачених і капітальних ремонтів. Інакше кажучи, довговічність підлоги – це визначений різними нормативами й технічними умовами строк його служби, або час нормальної експлуатації, протягом якого забезпечується реалізація запланованих технологічних процесів конкретного будівельного об'єкта [23, 27].

Підлоги промислових і цивільних будівель є відповідальною їхньою частиною, на яку витрачаються великі капітальні вкладення. У цей час витрати на улаштування підлог становлять $8\div 15\%$ від загального обсягу будівельно-монтажних робіт. Питома вага трудових витрат даного виду робіт становить $10\div 25\%$ від загальної трудомісткості зведення будівлі.

Багатопланова проблема довговічності бетонних конструкцій підлог промислових і цивільних будівель являє собою сукупність ряду взаємозалежних проблем: технологічності, надійності, економічності, а також багатьох експлуатаційних аспектів. Її розв'язок можливий тільки на основі системного підходу. Істотною й актуальною проблемою є розробка практичних методів підвищення довговічності таких конструкцій будівель.

Причини виникнення такої ситуації в недоліку нормативної й регламентуючої документації на виконання таких видів робіт; низький рівень проектування, включаючи відсутність спеціалізації й досвіду; недостатня якість будівництва, включаючи нерозуміння керівництвом важливості й правильності виконання бетонних робіт; недолік якісних матеріалів, досвідчених і кваліфікованих інженерів і робітників; низька оплата праці; непрестижність робіт та ін.

Одним з показників, тісно пов'язаним з експлуатаційною довговічністю бетонних підлог, є їхня тріщиностійкість. Тріщиностійкість бетону, або здатність до утвору тріщин, є характерною його властивістю. Тріщини в бетоні конструкцій утворюються вже в процесі формування структури в результаті розвитку фізико-хімічних процесів, що відбуваються при його зміцненні. Це так звані мікротріщини, що виникають у результаті усадочних і температурних явищ, що супроводжують реакції гідратації портландцементного в'язучого. Такі тріщини розташовуються хаотично як усередині структури бетону, так і на поверхні конструкції підлоги. Мікротріщини, що є результатом усадки бетону й температурних ефектів, при зміцненні впливають на експлуатаційні властивості бетонної підлоги, приводять до зниження її довговічності. Разом з тим, такі тріщини практично

не піддаються розрахункам, а обмежуються винятково технологічними заходами на стадії проектування складу бетонної суміші, вибору раціональних методів її укладання в конструкцію підлоги, улаштуванню захисних заходів і добору гідроізоляційних матеріалів [34].

У результаті впливів коліс підйомно-транспортного устаткування (для об'єктів складського й промислового призначення), статичних, динамічних і вібраційних навантажень від технологічного устаткування, а також температурних впливів і різних гідрогеологічних факторів, відбувається поступове зниження несучої здатності й експлуатаційної придатності бетонних підлог, яке пов'язане із внутрішніми необоротними змінами в окремих конструктивних елементах і ґрунтових шарах. Природні фактори (перепади температур у неопалюваних приміщеннях, коливання рівня ґрунтових вод й ін.) також впливають на роботу конструкцій підлог у цілому й на стан поверхні зокрема [34].

Діючі нормативи [56, 63, 94] передбачають певні вимоги до проектування, улаштування й прийманню робіт для різних типів конструкцій підлог. Однак, питання поточного утримування, діагностики технічного стану, тривалості міжремонтних (непередбачених і планових) періодів і нормативні терміни служби підлог до їхнього капітального ремонту не нормовані. У зв'язку з будівництвом сучасних виробничо-складських, торговельних, розважальних і виставочних комплексів стала приділятися пильна увага питанням якості й довговічності бетонних підлог, при цьому в число визначальних увійшли, у тому числі, і такі якісні їхні характеристики, як підвищена рівність, зносостійкість, тріщиностійкість і конструкційна міцність. Наприклад, показники рівності поверхні підлоги часто повинні задовольняти вимогам, пропонованим постачальниками імпортного підйомно-транспортного устаткування, що забезпечує необхідні темпи проведення різних виробничих операцій. Тобто фактично технічні характеристики проєктованих підлог, що улаштовуються, повинні відповідати певним вимогам закордонних нормативів [23, 34] і різним

технічним умовам і обмеженням для даного виду технологічного устаткування, використовуваного для потреб конкретного виробництва.

Слід зазначити, що міцність і несуча здатність конструкцій бетонних підлог можуть бути достатніми, однак наявність на поверхні великої кількості дефектів і ушкоджень може привести до їхнього незадовільного стану. Тут виникає неможливість подальшої безпечної проектної експлуатації в результаті неприпустимої ширини розкриття швів, руйнування кромek швів, виникнення тріщин, вертикальних деформацій плит, що знижують рівність і площинність поверхні, крім цього, відбувається небезпечне влучення продуктів руйнування бетону в рухомі частини підйомно-транспортного устаткування.

Експлуатаційні фактори є одними з основних причин зниження довговічності бетонних підлог. У процесі експлуатації їх конструктивні шари зазнають різні навантаження і впливи, основними з яких є:

- зусилля, що викликає вертикальні й горизонтальні напруження, що приводять до появи пружних і пластичних деформацій;
- місцеві силові й ударні впливи, що утворюють відколи й вибоїни;
- вібраційні навантаження, що викликають розвиток сітки поверхневих, а іноді й наскрізних тріщин;
- короточасні й тривалі охолодження й перегрів поверхні, що виникають переважно поблизу зовнішніх в'їзних воріт і в доклевелерів (перевантажувальний міст, спеціальна зрівняльна платформа, яка відіграє роль мосту між підлогою кузова транспортного засобу й рівнем вантажної платформи);
- абразивні впливи від руху транспортних засіб; руйнування відбуваються особливо інтенсивно у випадку забрудненої й запиленої поверхні, використання підйомно-транспортного устаткування з деформованими або зношеними колесами, а також при відсутності зміцнюючих захисних покриттів підлоги або використання при їхньому улаштуванні низькоякісних матеріалів [34].

1.2 Стан питання улаштування високоміцних бетонних підлог. Постановка завдань досліджень

Проблема улаштування високоміцних підлог промислових і цивільних будівель в останні роки є однією із пріоритетних у наукових дослідженнях [34, 111, 153, 164, 167, 168]. Вони присвячені аналізу стану конструкцій високоміцних підлог і існуючих технологій їх улаштування, включаючи вибір методів їх діагностики й матеріалів для проведення ремонтно-відбудовчих робіт.

Проблемами довговічності бетонних конструкцій, у тому числі й підлог, займалися вчені в багатьох країнах світу: Г. Руфферт [111], В. В. Бургман [14], О. Л. Фіговський [129- 134], А. М. Горб [23, 24, 27, 29, 34], І. А. Дьогтев [45], І. П. Кім [150], В. Я. Далматов [98], А. А. Шестопалов [138], Don Gehring [157], S. A. Austin, P. J. Robins, J. W. Bishop [153], H. Wenander [164], T. Walker [172] і ін.

У більшості досліджень відзначено, що одним з основних компонентів, що забезпечують нормальну роботу виробничих приміщень, є правильно обрана конструкція підлоги. Залежно від інтенсивності впливу, підлоги повинні задовольняти різним вимогам по опору механічним, тепловим і рідинним навантаженням, стійкості до стирання й ударам, ультрафіолетовому випромінюванню, водонепроникності, відсутності тріщиноутворення та багатьом іншим. При цьому, повинні бути ретельно виконані примикання до стін будівлі, колонам, фундаментам під устаткування, приямкам і іншим конструктивним елементам.

У роботі О. В. Козир [60] розглянуто два основні сучасні типи покриття промислової підлоги по бетонній основі, що широко використовуються в Україні – це бетонні підлоги зі зміцненим верхнім шаром і з полімерним покриттям. Відзначено, що їх застосування приводить до гарних результатів: висока міцність, відсутність пилу, лущення, мікротріщин, зниження

експлуатаційних витрат і гарний зовнішній вигляд, що підкреслює необхідність дотримання технічних умов і технологічного регламенту на кожному етапі улаштування підлог.

У роботах О. Л. Фіговського [68, 77, 129-135] наведені склад, матеріали, конструкція та технологія улаштування монолітних хімічно стійких підлог, наливних підлог з полімерів, монолітних покриттів підлог, покриттів підлог на основі полімерів промислових і цивільних будівель. Описані технології улаштування покриттів підлог, у тому числі, при ремонтних роботах, які застосовувалися в 70-х рр. минулого століття. Звернена увага на необхідність дотримання технологічних регламентів при виконанні даного виду робіт і на підвищення рівня організаційно-технологічних рішень.

Питання улаштування підлог розглянуті в спільних роботах Н. А. Міщанського й І. Е. Путляєва [78], Ю. Г. Креіндіна й І. Н. Пушкарьова [69], В. В. Патурсьова [57]. Авторами розглянуті хімічно стійкі підлоги з бетонів і розчинів на мінеральних в'язучих на основі термопластів і реактопластів, покриття з полімербетонних плит, безшовні покриття з полімерних матеріалів, підлоги з покриттям з кераміки й кам'яного лиття. Описані конструкції підлог, матеріали, використовувані для їхнього виготовлення, способи улаштування й сфери застосування. Окремі глави роботи [78] присвячені техніко-економічній ефективності й перспективам застосування розглянутих конструкцій підлог.

У спільній праці В. І. Кошкіна, О. Л. Фіговського, Л. М. Небрятенко, В. Ф. Смокіна [68] описані монолітні, епоксидні, поліуретанові й поліефірні покриття підлог. Автори детально обґрунтовують широке застосування полімерів для улаштування підлог. Відзначено, що застосування традиційних керамічних, а також рулонних, листових і плиткових матеріалів для покриттів підлог зв'язане зі значними труднощами: виконання підлог з них трудомістке, потрібні великі капітальні вкладення на переробку сировини, підлоги мають шви. У даній роботі акцентується увага на тому, що заміна

традиційних матеріалів для покриття підлог складами з монолітних покриттів дозволяє значно скоротити розрив між індустріальними методами зведення будівель і трудомісткими процесами улаштування підлог. Відзначено значення монолітних покриттів для захисту конструкцій підлог від корозії, тому що терміни служби підлог у приміщеннях з агресивними середовищами не перевищують 10÷12 років, становлячи в багатьох випадках менш 3-х років, причому вартість ремонтних робіт нерідко перевищує початкову вартість улаштування підлог.

У книзі С. С. Атаєва, Н. Н. Данілова, Б. В. Прикіна серед інших освітлені питання технології улаштування монолітних конструкцій підлог, у тому числі, бетонних, мозаїчних, цементно-піщаних, металоцементних, асфальтобетонних, ксилолітових, полімерцементобетонних. Особлива увага приділена технології улаштування покриттів підлог і організаційним заходам підготовчого періоду [123].

Дослідженням сучасних умов експлуатації підлог із суцільними покриттями й покриттями зі штучних матеріалів (у тому числі з полімерних, металевих і чавунних плит) у виробничих будівлях присвячена спільна праця В. Я. Далматова, І. П. Кіма, і О. Л. Фіговського [98]. У даній роботі наведені властивості підлог і складових їхніх матеріалів, описані процеси, що протікають у підлогах при їхній експлуатації, способи улаштування підлог, що забезпечують їх необхідні якість і довговічність. Представлено аналіз техніко-економічної ефективності прогресивних конструкцій підлог, а також метод її розрахунків з урахуванням строку служби підлоги.

Проблемам улаштування підлог з жаротривких бетонів присвячена праця С. А. Шимановича [139], у якій описані конструкції підлог з жаротривкого бетону для промислових будівель, освітлені технологія й досвід їх улаштування.

Результати експериментальних досліджень по вдосконалюванню конструкцій підлог для будівель різних галузей промисловості з використанням виробів заводського виготовлення, металовмістких відходів,

полімерних композицій, застосування яких забезпечить економію металу, цементу, а також скорочення витрат на їх улаштування наведені в збірнику наукових праць за редакцією І. П. Кіма [150].

В. А. Широков у роботі [140] описав технологію улаштування підлог з безшовним наливним покриттям. Звернена увага на те, що такі підлоги влаштовують шляхом нанесення на жорстку основу розпилених рідких мастик. У роботі описана технологія готування мастик для наливних покриттів, процеси підготовки поверхні підлоги й нанесення мастики. Обґрунтовані вимоги до розбивки фронту робіт на ділянки із черговістю їх включення в спеціалізований потік.

Питанню корозійної стійкості підлог із прошарком з портландцементного розчину присвячена спільна робота Т. Х. Ахмеджанової, А. С. Денісова й Н. Л. Шпакової [7]. Для захисту підлог запропоновано використовувати штучні матеріали, що володіють високою кислотостійкістю й лугостійкістю, практично непроникні для широкої гами агресивних середовищ. Найбільш уразливим елементом, на думку авторів, у таких підлогах є матеріал прошарку. Тому для прошарку запропоновано застосовувати матеріали, стійкі в експлуатаційному середовищі, такі як рідкоскляні або полімерні композиції, прошарки на основі портландцементних розчинів.

Закордонні вчені також інтенсивно займалися питаннями експлуатаційної надійності конструкцій підлог. Особлива увага при усуненні ушкоджень приділяється результатам петрографічного аналізу зразків бетону ушкодженого й неушкодженого ділянок підлоги [161].

Серед праць учених, що займалися проблемою експлуатаційної надійності конструкцій підлог, особливе місце займають роботи професора Г. Руфферта (Німеччина) [111]. У його фундаментальних роботах узагальнений величезний світовий досвід, накопичений багатьма дослідниками в області обстеження, ремонту й відновлення залізобетонних конструкцій, у тому числі, плит перекриття й конструкцій підлог.

Узагальнені загальні причини виникнення тріщин і їх вплив на залізобетонні конструкції, зазначені основні вимоги до процесів відновлення.

Проблемам підвищення якості робіт при улаштуванні підлог на різних об'єктах присвячені роботи А. М. Горб [23-28, 31, 33-36, 39]. У них автор проаналізував характерні дефекти бетонних підлог, причини їх виникнення, фактори, що виникають у процесі будівництва й експлуатації різних об'єктів, приділив увагу питанням забезпечення експлуатаційної надійності підлог, питанням проектування конструкцій бетонних високоміцних підлог.

У спільній праці В. В. Савйовського й О. Н. Болотських освітлені проблеми ремонту й реконструкції цивільних будівель, у тому числі, розглянуті питання технології ремонту й улаштування основ підлог, технології улаштування покриттів, викладена технологія улаштування наливних підлог [113].

Через актуальність проблеми в різний час у СРСР (а потім у СНД) були розроблені рекомендації із проектування, розрахунків і улаштування конструкцій підлог і прошарків, методи випробування на стійкість до ударних впливів [65, 94, 100, 107, 109, 110, 126], випущені серії типових розв'язків із вказівкою деталей підлог промислових і цивільних будівель [49, 48, 98]. Крім цього, була розроблена нормативна документація в області проектування, улаштування й ремонту конструкцій підлог промислових і цивільних будівель [56, 63, 92, 93, 94].

Розробці нових технологічних рішень з застосування теплоізоляції з екструзійних пінополістирольних плит і міцних мінераловатних плит присвячені матеріали для проектування й робочі креслення підлог [54, 64].

Дослідниками в цілому систематизовані відомості про матеріали, основні конструктивні рішення підлог, технологіях улаштування, наведені основні типи, деталі й вузли примикань до суміжних конструкцій будівель, дана класифікація конструкцій різних типів підлог [12, 14, 20, 45, 62, 84, 121]. У роботі І. І. Гаращенко [20] зібрана інформація про матеріали для улаштування таких конструкцій із вказівкою відповідних державних

стандартів, дані конструкції підлог і технології улаштування основних типів, включаючи улаштування підстильних шарів.

Улаштування безшовних мастичних покриттів присвячені роботи В. І. Горячова й М. П. Макотинського [42, 72]. Розглянуті полівінілацетатні, полімерцементні й поліефірні наливні підлоги, технологія їх улаштування, основні дефекти й способи їх усунення.

Дослідженням вакуумуванню при улаштуванні бетонних підлог займалися Н. І. Котляр [66, 67], І. І. Гаращенко [20], Н. Wenander (Швеція) [164], а також учені з «The Aberdeen Group» [151]. Підлоги, описані в останній праці, відповідають сучасним вимогам якості по щільності, здатності сприймати значні механічні впливи, безшовності, безпильності. Розроблена в 2000 р. технологічна карта [122] на улаштування монолітних бетонних підлог методом вакуумування містить рішення по організації й технології процесів. У роботі В. Козачук [59] викладена шведська технологія вакуумування бетону.

Нові вимоги до довговічності бетону змушують шукати нові види армування. У якості армуючого матеріалу останнім часом широко застосовується дисперсне армування фіброю. Проблемі проектування й армування бетонних плит конструкцій підлог фіброю присвячені роботи таких учених: В. Н. Дерев'янку [47], С. Д. Семенюк, Ю. Г. Болошенко [117], І. В. Волкова [19]. Проведені ними дослідження підтверджують, що дисперсне армування забезпечує підвищення міцності підлог, збільшує їхню тріщиностійкість, ударну в'язкість, термічний опір і інші фізико-механічні показники [40].

Дослідженню особливостей технології пристрою фібробетонних безшовних плит підлоги присвячена спільна праця І. А. Войлокова й А. І. Альхіменко. У даній роботі дано обґрунтування вибору конструкції підлоги, вибору типу армування, типу покриття, описана технологія улаштування фібробетонних плит підлоги [17].

Підлога в складському або виробничому приміщенні характеризується декількома важливими показниками – безпильністю, зносостійкістю, відсутністю тріщин і рівністю. При прийманні конструкцій підлог перевірка стану підлоги на предмет відсутності тріщин і пилу здійснюється візуально, для цього не потрібне використання спеціальних приладів і методик. Складніше оцінити рівність підлоги.

За кордоном бетонні підлоги з високими показниками рівності (так звані «надплоскі») улаштовуються вже кілька десятиліть. Улаштування таких конструкцій підлог у Росії, Білорусі й Україні почалося недавно. Проблемі улаштування надплоских підлог присвячені роботи вітчизняних і закордонних учених: І. А. Войлокова, А. І. Альхіменко [17], Д. Б. Комарова [61], А. А. Шестопалова [138], Don Gehring [157], Neil Williamson [167], Robert Mcguilan, Timothy Walker [168]. У даних роботах автори досліджують технологічні операції улаштування надплоских підлог. Особлива увага при дослідженні проблем улаштування надплоских підлог приділяється методам і приладам виміру рівності [17, 55, 161, 162, 169].

В 1980-х рр. у США була розроблена методика виміру рівності підлог, де вона оцінюється двома показниками – Floor Flatness (FF) – показник хвилястості й Floor Levelness (FL) – показника горизонтальності. [17, 55, 158, 161, 162, 166, 169, 170]. Контроль якості поверхні проводиться за допомогою безупинно записуючого напільного профілеографа [161, 162]. У США на даний прилад були отримані патенти [165, 174]. У роботах Timothy Walker, Brian Mooney, Andrews Dallas [172], Grant T. Halvorsen [160], Carl N. Ytterberg [154], William Phelan [173] проведений аналіз існуючих нормативних документів з улаштування підлог і виміру їх рівності, описується технологія улаштування надплоских підлог, проводиться порівняльний аналіз методів виміру й оцінки рівності їх конструкцій, описані основні дефекти рівності бетонної плити підлоги.

Проблемі улаштуванню швів у бетонних підлогах, їх типам, технології нарізки й герметизації присвячені роботи таких учених як А. М. Горб і

І. А. Повстей [17, 18, 23, 32]. У них також розглянуті питання підвищення експлуатаційної надійності швів у конструкціях бетонних підлог виробничих будівель. Закордонний досвід технології улаштування, типів і призначення швів відображено у звіті англійських учених з асоціації бетону «The Concrete Society», даний звіт віднесений до нормативних документів для проектування й виробництва таких робіт [156]. Асоціація цементів і бетонів Нової Зеландії («Cement and Concrete Association of New Zealand») опублікувала результати досліджень, де висвітлюються питання технології улаштування, правил нарізки й типів швів у конструкціях промислових підлог [155].

Дослідженню питань підготовки основ під підлоги в промислових будівлях присвячена спільна праця В. І. Крутова, Р. П. Ейдук, і І. Ф. Мухригіна [71]. Автори відзначають, що підлоги в промислових будівлях, крім свого прямого призначення, нерідко служать фундаментами неважкого технологічного устаткування, використовуються в якості постійних і тимчасових складських площ, по них пересуваються різні транспортні засоби. Тому конструкції підлог і їх основи повинні мати відповідну міцність, несучу здатність і надійність.

У роботі Н. Уткіної розглянуті варіанти ремонту й відновлення конструкцій високоміцних підлог з використанням шліфувального устаткування. Дана класифікація шліфувального устаткування й описані технологічні операції обробки твердої бетонної підлоги. Відзначено, що незалежно від конструктивних особливостей, принцип роботи шліфувальних машин полягає в абразивному впливі інструмента, що рухається з високою швидкістю по поверхні оброблюваної бетонної підлоги, на цю поверхню. За допомогою шліфування усуваються такі дефекти як луцення поверхневого шару, поверхневі забруднення, цементне «молоко» і досягається підвищення шорсткості поверхні [127].

З урахуванням викладеного, у роботі поставлені наступні завдання:

– проаналізувати й узагальнити методичні підходи, конструктивні й організаційно-технологічні рішення, дослідити нормативну базу й результати

досліджень технології й організації улаштування високоміцних бетонних підлог;

– дослідити, систематизувати й визначити ступінь впливу дестабілізуючих факторів, що відображають специфічні особливості улаштування високоміцних бетонних підлог, які впливають на їхню довговічність;

– розробити методику експерименту й провести експериментальні дослідження динаміки зміцнення бетонної суміші на етапі виробництва затиральних робіт;

– розробити методику обліку впливу організаційно-технологічних факторів на параметри процесу улаштування високоміцних бетонних підлог за умови оптимізації тривалості виконання робіт;

– розробити організаційно-технологічні й технічні рішення, які підвищують ефективність улаштування високоміцних підлог і довговічність їх конструкцій.

1.3 Висновки по розділу

1. Технологія монолітного будівництва в цей час успішно використовується не тільки для зведення наземних несучих конструкцій, але й для улаштування бетонних підлог промислових і цивільних будівель, що визначає спрямованість проектних і виробничих рішень по підвищенню їх довговічності.

2. Аналіз існуючих рішень улаштування бетонних підлог промислових і цивільних будівель дозволив визначити, що в сучасних умовах експлуатації всі системи підлог мають обмежений термін служби й вимагають підвищення надійності їх функціонування.

3. Існує необхідність проведення досліджень у проблемному полі

організаційно-технологічних рішень улаштування високоміцних бетонних підлог, спрямованих на розробку комплексу заходів, що дозволяють обґрунтувати технологію виконання робіт, що забезпечує довговічну експлуатацію підлог. Проведений аналіз дозволив обґрунтувати необхідність подальших досліджень по розробці ефективних технологічних схем улаштування надплоских бетонних підлог.

4. Забезпечення довговічності, стабільного експлуатаційного стану й естетичного виду, комфортності й безпеки споруджуваних будівель вимагає застосування при улаштуванні високоміцних бетонних підлог ефективних матеріалів і організаційно-технологічних рішень.

1 ДОСЛІДЖЕННЯ МАТЕРІАЛІВ І ТЕХНОЛОГІЙ, ЩО ЗАСТОСОВУЮТЬСЯ ПРИ УЛАШТУВАННІ ВИСОКОМІЦНИХ БЕТОННИХ ПІДЛОГ, І ЇХНЬОГО ТЕХНІЧНОГО СТАНУ

2.1 Основні конструктивні рішення й матеріали, що застосовуються для улаштування високоміцних бетонних підлог промислових і цивільних будівель

Конструювання високоміцних підлог здійснюється залежно від виду й інтенсивності передбачуваних навантажень і впливів, властивостей основи, кліматичних умов будівництва, а також з урахуванням спеціальних вимог [60].

У відповідність із діючими в Україні нормами [94], описані наступні шари підлоги:

– покриття – верхній шар підлоги, що безпосередньо зазнає експлуатаційні впливи;

– прошарок – проміжний шар підлоги, що зв'язує покриття з нищерозташованим шаром підлоги або працюючим для покриття пружною постіллю;

– гідроізоляційний шар (шари) – шар, що перешкоджає проникненню через підлогу стічних вод і інших рідин, а також проникненню в підлогу ґрунтових вод;

– стяжка – (основа під покриття) – шар підлоги, необхідний для вирівнювання поверхні нижнього шару пола або перекриття, додання покриттю підлоги на перекритті заданого ухилу, укриття різних трубопроводів, розподілу навантажень по нежорстким шарам підлоги на перекритті;

– підстильний шар – шар підлоги, що розподіляє навантаження на ґрунт [94].

Однак, якщо аналізувати конструкції високоміцних підлог для промислових і цивільних будівель, дана класифікація є неповною й не відображає сучасний рівень конструктивних рішень. Більш того, дана класифікація відображає всі можливі типи й конструкції підлог, що неможливо застосувати до конструкцій високоміцних підлог.

Аналіз конструктивних рішень підлог дозволив відзначити їхню різноманітність – наприклад, з покриттям і без покриття, з різними видами армування, з різними видами додаткових шарів тепло-, звукоізоляції й ін. Нами розглянуті найбільш широко розповсюджені конструкції високоміцних підлог у сучасному будівельному виробництві.

Розглянуті в даній роботі високоміцні підлоги – це підлоги на ґрунтовій основі, підстильним шаром яких є монолітна бетонна плита з різними видами армування. Додатково в даних конструкціях можуть улаштовуватися різні види покриття, пароізоляція, гідроізоляція, звукоізоляція, ущільнений шар щебенів і ін.

Високоміцні підлоги розрізняють по типах конструкцій несучої плити й типам застосовуваних матеріалів для улаштування фінішного шару. Конструкції підлог, у свою чергу, класифікують по кількості шарів і по типу армування [60].

Залежно від характеру армування несучої плити розрізняють три основні варіанти конструкцій підлог:

- конструкції з неармованого бетону;
- конструкції, армовані стрижневою арматурою або з дисперсним армуванням з метою зменшення тріщиноутворення при усадці, зміні температури й вологості бетону й навколишнього середовища;
- конструкції, армовані стрижневою арматурою й/або дисперсним армуванням, що сприймають крім температурно-усадочних напружень силові впливи від експлуатаційних навантажень.

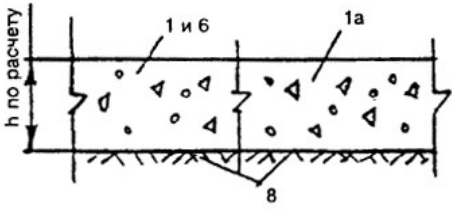
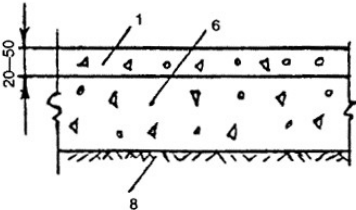
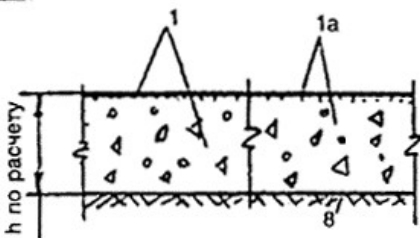
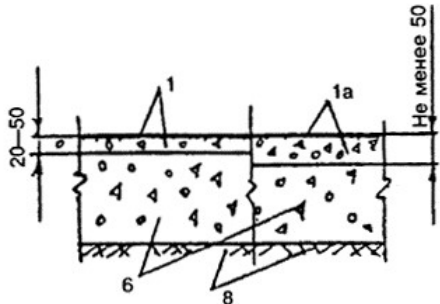
При цьому, в опублікованих дослідженнях акцентується, що вибір оптимальної конструкції повинен проводитися на підставі техніко-економічного порівняння варіантів [37].

Залежно від кількості шарів, високоміцні підлоги бувають одношаровими й багатшаровими. Одношарові конструкції підлог, як правило, застосовуються при новому будівництві й відсутності спеціальних вимог. Багатшарові конструкції застосовуються при необхідності улаштування додаткових конструктивних шарів підлоги (гідро- і термоізолюючі шари), при розрахунковій товщині одношарової плити понад 25 см, а також при реконструкції або новому будівництві у випадку наявності існуючих нищележачих бетонних шарів, що вимагають посилення, вирівнювання або створення ухилів.

Залежно від типу застосовуваних варіантів покриття підлоги бувають двох основних типів – бетонні зі зміцненим верхнім шаром і бетонні з полімерним покриттям [60]. Тип покриття підлоги призначається залежно від виду й інтенсивності механічних, хімічних, вологісних і температурних впливів. В основному, покриття влаштовуються по бетонній плиті або бетонній стяжці (прошарку), яка укладається на бетонну плиту. Міцність бетонної стяжки – не нижче 20 МПа при малій інтенсивності механічного впливу й не нижче 30 МПа при значній інтенсивності. У табл. 2.1 наведені основні конструктивні схеми високоміцних бетонних підлог [107].

Трохи відрізняється від наведених конструкцій стандартна плита підлоги на ґрунтовій основі (рис. 2.1), розроблена вченими з Американського інституту бетону «American Concrete Institute» [162].

Таблиця 2.1 – Основні конструктивні схеми високоміцних підлог

№ пп.	Покриття	Схема	Шари підлоги
1	2	3	4
1	Цементно-бетонне в одношаровій конструкції підлоги		1 - покриття із цементного бетону (традиційне); 1a - покриття із цементного бетону (вібровакуумоване); 6 - бетонний підстильний шар; 8 - ґрунт основи;
2	Цементно-бетонне по підстильному шару		
3	Бетонне зі зміцненим верхнім шаром в одношаровій конструкції підлоги		1 - покриття зі зміцненим верхнім шаром по бетонному підстильному шару; 1a - покриття зі зміцненим верхнім шаром по бетонному підстильному шару (вібровакуумоване); 6 - бетонний підстильний шар; 8 - ґрунт основи
4	Бетонне зі зміцненим верхнім шаром по підстильному шару		

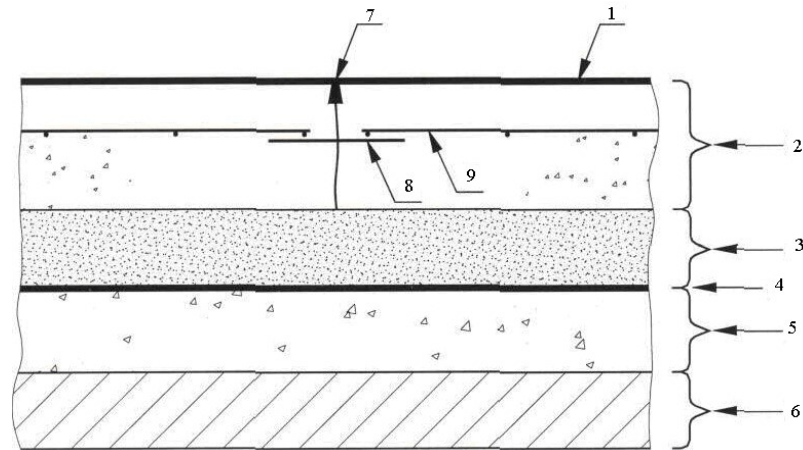


Рисунок 2.1 – Стандартна плита підлоги на ґрунтовій основі
у відповідність із [162]:

- 1 – покриття підлоги; 2 – бетонна плита; 3 – утеплювач;
4 – гідроізоляція; 5 – стяжка; 6 – ґрунтова основа; 7 – шов; 8 – нагель;
9 – арматурний каркас плити

Фахівці Асоціації бетону й цементу Нової Зеландії й Асоціації бетону й цементу Великобританії приводять наступну конструкцію високоміцної бетонної підлоги (рис. 2.2) [155, 156].

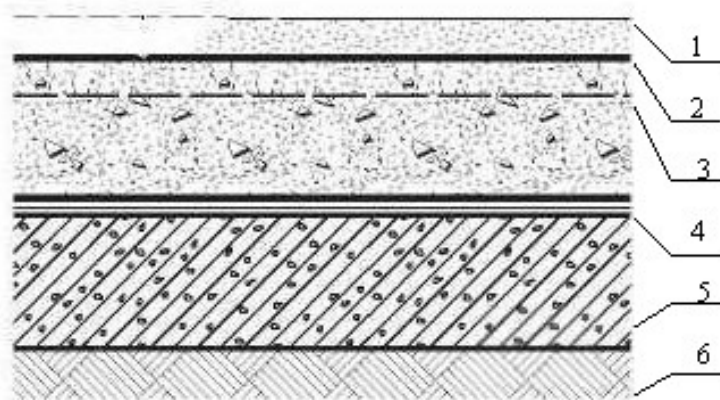


Рисунок 2.2 – Конструкція бетонної підлоги у відповідність із [155, 156]:

- 1 – покриття топінг (якщо використовується); 2 – плита підлоги;
3 – армування; 4 – пароізоляція (якщо використовується); 5 –
ущільнений щебень; 6 – ущільнений ґрунт

Останні дві наведені конструкції бетонної підлоги відрізняються лише шаром утеплювача, який укладається у відповідність із теплотехнічним розрахунками, або по вимогах проекту.

Необхідно відзначити конструкції високоміцних підлог спеціального призначення. Такими є бетонні підлоги для об'єктів з автотранспортними навантаженнями помірної інтенсивності (до 3500 кг/м^2) з використанням зміцнюючого просочення для гаражів, паркінгів і автостоянок (рис. 2.3).

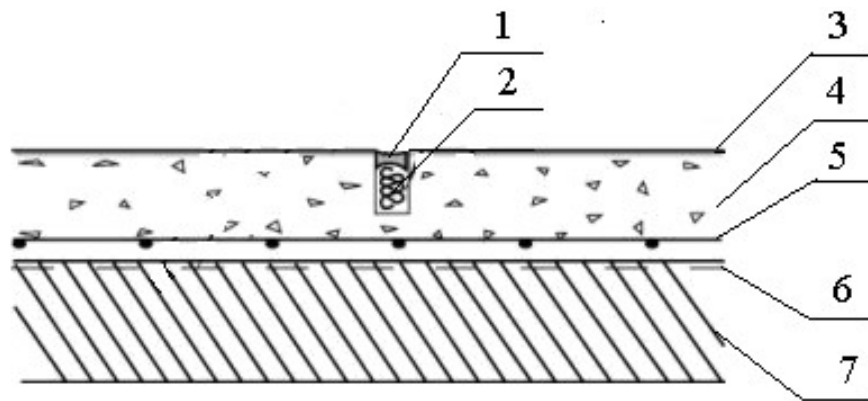


Рисунок 2.3 – Конструкція підлоги з навантаженнями помірної інтенсивності з використанням зміцнюючого просочення:

1 – герметик; 2 – ущільнювач; 3 – просочення; 4 – фінішний бетонний шар; 5 – арматурна сітка; 6 – поліетиленова плівка; 7 – бетонна основа

Підвищену міцність мають конструкції бетонних підлог з використанням топінга й просочення для об'єктів з автотранспортними навантаженнями на підлоги помірної й значної інтенсивності (від 3500 кг/м^2 до 5000 кг/м^2) для гаражів, паркінгів і автостоянок (рис. 2.4).

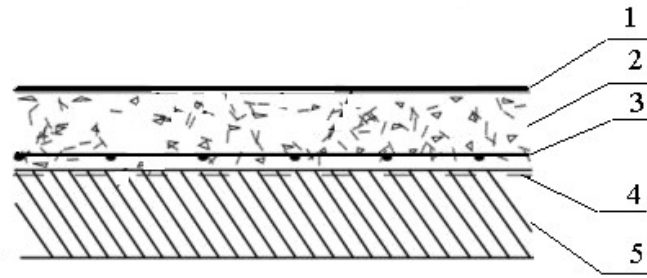


Рисунок 2.4 – Конструкції підлог з навантаженнями помірної інтенсивності з використанням топінга й просочення.

1 – просочення й зміцнюючий верхній шар; 2 – плита підлоги з дисперсним армуванням сталевую фіброю; 3 – арматурна сітка;
4 – поліетиленова плівка; 5 – бетонна основа

У високоміцних броньованих підлогах для виробничих приміщень використовується шар силового бетону – до 200 мм і армування у два рівні (рис. 2.5).

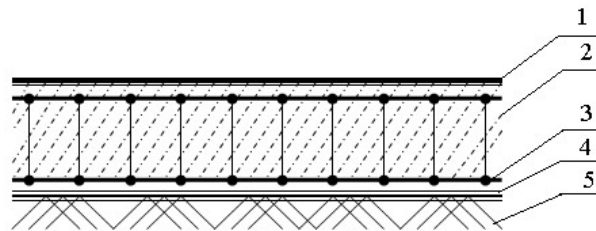


Рисунок 2.5 – Конструкція високоміцних броньованих підлог:

1 – зміцнююча знепилена поверхня; 2 – несуча основа (бетон В25);
3 – дворівневе армування, $d=10$ мм, 100×100 мм; 4 – гідроізоляційна мембрана; 5 – ущільнений щебенями ґрунт або бетонна основа

Стандартна бетонна підлога, як правило, складається з основи – бетонної стяжки й покриття – матеріалу, що надає поверхні основні споживчі властивості. Бетон у плиті підлоги по своїй структурі тендітний матеріал, не здатний до пластичних деформацій. При додатку до бетону навантаження, що перевищує його характеристики за міцністю, він не деформується без руйнування, як буває у випадку із пластмасою або іншим пластичним матеріалом, а розтріскується подібно склу. Поява тріщин відбувається також

під дією внутрішніх напружень у бетоні, викликаних усадочними деформаціями при зміцненні й перепадами температур. Щоб обмежити ці негативні процеси й забезпечити контроль місць появи тріщин у бетонній стяжці, нарізають деформаційні шви. Шви є предметом пильної уваги й вимагають детального розгляду на етапі розробки проекту конструкцій підлог. Існують три основні типи деформаційних швів у плиті підлоги: ізоляційні, усадочні й конструкційні. Різного роду шви – невід'ємний елемент більшості високоміцних бетонних підлог. Як при їх проектуванні, так і при улаштуванні необхідна особлива увага, оскільки вони є частиною конструкції підлоги, найбільш підданої ушкодженням при експлуатації [32].

При зміні температури, вологості, через усадку бетону, а також під дією експлуатаційних навантажень, у підлогах виникають розтягувальні, стискаючі і згинаючі напруження, що викликають розтріскування плит. Шви дають можливість плитам змінювати свої розміри при протіканні вищевказаних процесів без короблення й тріщиноутворення. Розташування швів у бетонній плиті високоміцної підлоги (рис. 2.6) залежить від форми й ширини конструкції, наявності в підлозі каналів, розташування фундаментів під устаткування, а також від ступеня армування, властивостей бетону, стану основи, температурних умов бетонування й експлуатації [161, 162].

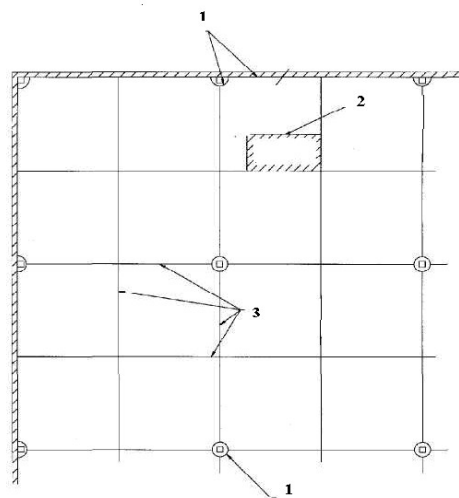


Рисунок 2.6 – Основні типи й стандартне розташування швів:

- 1 – ізоляційний шов; 2 – ізоляційний шов навколо фундаменту під устаткування; 3 – усадочний або конструктивний шов

Ізоляційні шви (рис. 2.7, 2.8) застосовуються для забезпечення вільного вертикального й горизонтального зсуву підлоги стосовно інших елементів будівлі. Вони застосовуються для виконання стиків зі стінами (не потребуючих подальшого обмеження зсувів плит), колонами, фундаментами під устаткування, опорами, а також будь-якими іншими елементами, що вимагають закладення, такими як стоки, каналізаційні труби, сходові клітки. Вони виконуються з використанням герметика між підлогою й суміжним елементом будівлі – заповнювач швів уводиться на всю глибину плити [161].

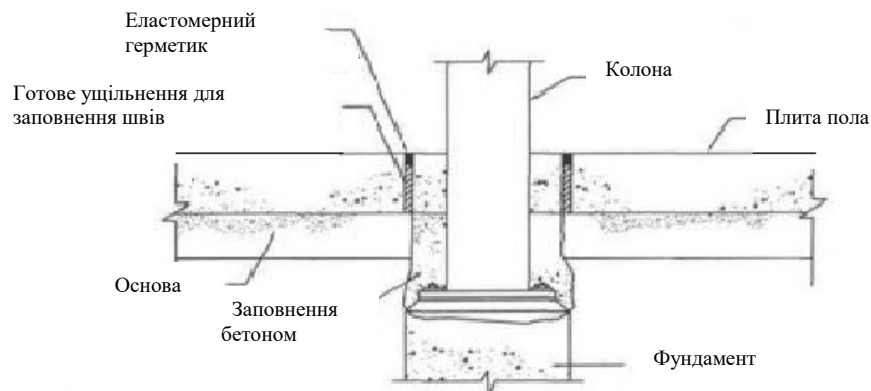


Рисунок 2.7 – Типовий вузол улаштування ізоляційного шва навколо колони



Рисунок 2.8 – Типовий вузол улаштування ізоляційного шва навколо фундаменту під устаткування

Конструкційні шви (рис. 2.9, 2.10) виконуються для поділу ділянок укладання бетонної суміші, по більшій частині у відповідність із попередньою схемою розміщення швів. Конструкційні шви застосовуються

при улаштуванні підлоги з технологічними перервами. Переважно конструкційні шви розміщують на відстані не менш 1,5 м від інших паралельних їм швів.

У зонах, не призначених для пересувань і переміщень, звичайно використовується стикове з'єднання. У зонах інтенсивного пересування, переміщень важких вантажів і колісного транспорту, застосовується сполучний штир у суміжних бетонних плитах підлог (рис. 2.9, 2.10).

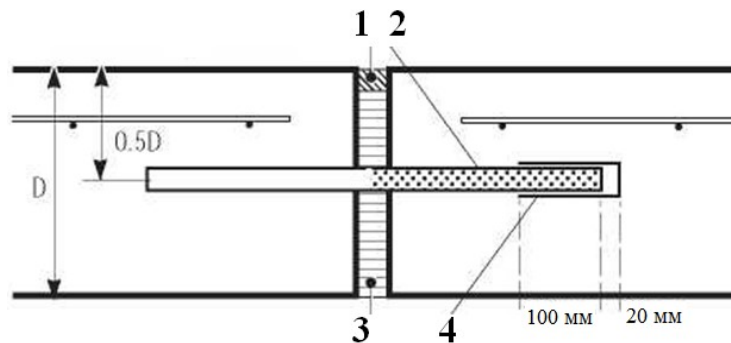


Рисунок 2.9 – Конструкційний шов з використанням сполучних штирів:

- 1 – заповнення герметиком 20 мм; 2 – арматурний стрижень;
3 – заповнювач що стискається 20 мм; 4 – наконечник для арматурного стрижня із заповненням з матеріалу, що працює на стиск

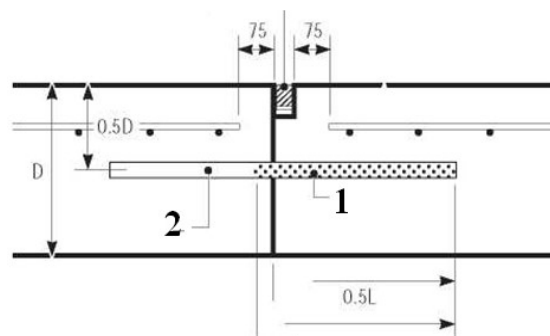


Рисунок 2.10 – Конструкційний шов з використанням сполучних штирів:

- 1 – спеціально випиляний шов з ущільнювачем або стрічкою;
2 – арматурний стрижень (довжиною L); 3 – маса для руйнування молекулярних зв'язків

Усадочні шви (рис. 2.11) звичайно використовують на лініях колон із проміжними швами, розташованими на рівній відстані між лініями колон.

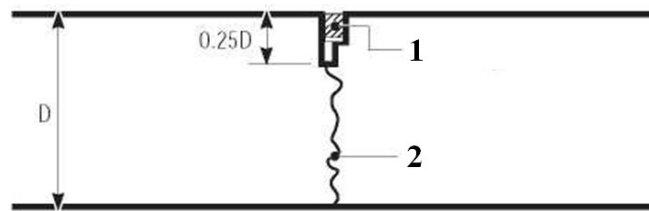


Рисунок 2.11 – Усадочний шов:

1 – заповнення герметиком; 2 – конструктивна тріщина

При розрахунках відстані між швами береться до уваги наступне:

- товщина плити;
- технологія виготовлення плит підлоги;
- тип, кількість і місце розміщення арматури;
- можлива усадка бетону (тип цементу, його кількість, крупність заповнювача, показник водоцементного відношення);
- тип домішок і температура бетону;
- зчеплення зі сполучним шаром; обмеження вільного деформування бетону плит підлоги;
- схема розміщення фундаментів, стійок, вилучень, подушок під устаткування та інші поглиблення в підлозі;
- фактори, пов'язані з параметрами навколишнього середовища (температура, вологість, вітер, і ін.);
- показники витримування бетону.

Для неармованих бетонних плит відстань між швами становить від 24 до 36 товщин плити. Максимальна відстань між швами – 5,5 м [161].

Усадочні шви роблять безперервними, без зсувів або відгалужень. Відношення більшої сторони до меншої для неармованих плит, армованих тільки на дії усадки й температури, не більш 1,5 до 1. Однак, відношення 1 до 1 є більш кращим. При цьому використання L- і T- образних плит є

недоцільним. Усадочні шви виконуються пропилом безперервного жолоба в плиті, що приводить до формування ослабленого перетину, під яким утворюються тріщини (рис. 2.11).

Усадочні й конструкційні шви, що перебувають у зоні впливу колісного транспорту, заповнюють напівжорстким заповнювачем для зменшення зношування й запобігання кромкам шва від ушкоджень. Конструкційні пропилюють на глибину 25 мм перед введенням заповнювача [161].

Довговічність конструкцій високоміцних підлог багато в чому визначається правильним вибором будівельних матеріалів і технологією виконання робіт.

При аналізі матеріалів, що застосовуються для улаштування високоміцних бетонних підлог промислових і цивільних будинків, можна зробити висновок, що бетон є основним матеріалом, як у нашій країні, так і в усьому світі [38]. До якості бетону, яка залежить від його складу, способу його укладання й наступного догляду, висувуються підвищені вимоги. Ці вимоги можуть бути виконані завдяки застосуванню високоякісних заповнювачів і спеціальних цементів, сучасних добавок і технологій виготовлення конструкцій підлог.

Загальні вимоги до бетону для виконання якісних високоміцних бетонних підлог наведені в табл. 2.2 [24].

Таблиця 2.2 – Загальні вимоги до бетону при улаштуванні високоміцних підлог

№ пп.	Показник	Величина показника
1	2	3
1	Клас бетону по міцності на стиск	B22,5–B30
2	Марка бетону по морозостійкості	F150–F200
3	Марка бетону по водонепроникності	W4
4	Водоцементне відношення	Не більш 0,55

продовження табл. 2.2

1	2	3
5	Якість цементу	Портландцемент ПЦ 500-Д0 нормованого хіміко-мінералогічного й речового складу; без технологічних добавок (типу триетаноламіна)
6	Наявність у бетоні повітряадсорбуючих добавок	Неприпустимо
7	Наявність пластифікаторів і водоредуруючих добавок, %, не більш	0,4
8	Обсяг залученого в бетонну суміш повітря, %, не більш	4
9	Якість заповнювачів	За ДСТУ [146]
10	Рухливість бетонної суміші	Пластичність (осаду конуса) ПЗ–П4 (на місці укладання бетону)
11	Догляд за свіжеукладеним бетоном	За допомогою полімерних плівкоутворювальних составів і полімерних плівок

Загальновідомо, що бетон є структурно-неоднорідним анізотропним матеріалом, що володіє відносно високою міцністю на стиск і погано сприймає зусилля розтягування. При проектуванні конструкцій цей недолік усувається, як правило, завдяки включенню в бетон стрижневої (спрямованої) сталевий арматур. Іноді передбачається конструктивне армування бетонного перетину, здатне обмежити неконтрольований розвиток тріщин або запобігти його руйнуванню при дії випадкових факторів.

Альтернативою стрижневому армуванню, за певних умов, може бути дисперсне армування бетону різними типами волокон (фібр); при цьому конструкція здобуває властивості нового композитного матеріалу, названого фібробетоном, що характеризується наявністю певних властивостей, відмінних від неармованих або армованих стрижневою арматурами бетонних конструкцій. Даний композиційний матеріал, складається із цементної матриці з великим заповнювачем або без нього з рівномірним або заданим розподілом по її обсягу орієнтованих або хаотично розташованих дискретних волокон (фібр) різного походження й властивостей [37].

Слід зазначити також матеріали, використовувані для витримки бетону – волога груба тканина, поліетиленова плівка, рідкі плівкоутворювальні состави. Витримка бетону вкрай важлива для одержання якісної конструкції підлоги. Поліетиленова плівка, водостійкий папір, полотна мішковини або їх комбінація дозволяють скоротити втрати вологи до $0,55 \text{ кг/м}^2$ за 72 години [162].

Добавки в бетонну суміш застосовуються, коли їх використання спричиняє певні бажані зміни властивостей свіжоприготовленої бетонної суміші або затверділого бетону.

Хімічні добавки залежно від призначення діляться на:

- пластифікуючі;
- сповільнювачі схоплювання;
- прискорювачі схоплювання;
- пластифікуючі й сповільнювачі схоплювання;
- пластифікуючі й прискорювачі схоплювання;
- суперпластифікуючі;
- суперпластифікуючі й сповільнювачі схоплювання.

З домішок хлориди суттєво впливають на корозію сталі в залізобетонних конструкціях підлог. Проблема суттєво збільшується, якщо в бетоні виявляються вироби з металів з різним окисно-відновним потенціалом, або якщо залізобетон покладений поверх оцинкованих поверхонь. Продукти корозії можуть викликати розтягання конструкції, утворення тріщин, розшарування, крошення бетону. У цьому зв'язку зміст хлоридів у свіжих бетонних сумішах обмежують.

Звичайна бетонна поверхня не здатна сприймати різні типи впливів без ушкоджень. Підвищенню показників надійності сприяють фінішні покриття різного типу й призначення. До них відносяться топінги, полімерні матеріали [80]. Вони рівномірно втираються в поверхню свіжеукладеного бетону до його зміцнення, а потім загладжуються для додання поверхні необхідних властивостей [147].

Сучасний ринок пропонує широкий вибір гідроізоляційних матеріалів, основним завданням яких є захист конструкцій підлог від агресивного впливу води й водно-солевих розчинів.

Гідроізоляційні матеріали розділяються за наступними критеріями:

– по матеріалу виготовлення (бітум, бентоніт, бутіл-каучук, ТПЕ – термопластичний поліолефіновий еластомер, HDPE – поліетилен високої щільності, LDPE – поліетилен низкої щільності, EPDM – потрійний співполімер етилена);

– по способу нанесення (приклеювання, вільне укладання, напилювання, зварювання гарячим повітрям, наплавлення);

– по способу зберігання (рулонні матеріали, рідини).

Матеріали для тепло- і звукоізоляції. Тип утеплювача й звукоізоляції підбирають, відповідно до вимог по міцності й умов укладання.

Матеріали для тепло- і звукоізоляції розділяються за наступними критеріями:

– по матеріалу виробництва (мінеральна вата, екструдований пінополістирол, спінений поліетилен, синтетичний каучук, пінополіуретан);

– по способу зберігання (плитний, рулонний);

– по способу монтажу (вільне укладання, приклеювання, спеціальне кріплення).

Незважаючи на різноманітність матеріалів, що застосовуються для теплоізоляції підлоги, вони повинні відповідати основним вимогам [104]:

– низька теплопровідність;

– висока міцність на стиск;

– збереження показників теплоізоляції протягом усього строку експлуатації, незалежно від механічних навантажень і впливу вологи.

2.2 Аналіз існуючих організаційно-технологічних рішень улаштування високоміцних бетонних підлог

При аналізі організаційно-технологічних рішень улаштування високоміцних бетонних підлог слід зазначити види робіт, які виконуються незалежно від обраної технології. Це підготовка основи та улаштування додаткових шарів гідро-, тепло-, паро- і звукоізоляції.

При улаштуванні підлог по ґрунту поверхню основи планують по проектних оцінках або профілю. Підсипаний при плануванні ґрунт вирівнюють і ущільнюють. Нахили підлоги, що влаштовується на ґрунті, створюють відповідним плануванням основи. Ґрунти з порушеною структурою або насипні ущільнюють пневмо- і електротрамбовками. Вручну ґрунт трамбують тільки в місцях, недоступних для ущільнюючих механізмів, і там, де їх застосування викликає ушкодження або зсув конструкцій, що примикають (наприклад, збірних фундаментів). Товщина шару ґрунту, що ущільнюється ручним трамбуванням, мінімальна до 10 см [20, 45]. Ґрунти, піддані значному осіданню (макропористі й ін.) замінюють або зміцнюють. Рослинний ґрунт і торф замінюють ґрунтом, що виключає можливість осідання підлоги.

Улаштування підлог на насичених водою глинистих, суглинних і пілуватих ґрунтах допускається тільки після зниження рівня ґрунтових вод і просушки основи до відновлення проектної несучої здатності [45].

Для рівномірного розподілу діючих навантажень по основі прокладають підстильний шар: гравійний, шлаковий, глинобитний, глинобетонний, піщаний, бетонний, бруківний. Залежно від величини й характеру діючих при експлуатації навантажень, наявності агресивних середовищ, природи й механічних характеристик ґрунту в основі призначають із розрахунку тип і товщину підстильного шару (60÷120 мм). Найпоширеніший для цієї мети важкий бетон щільністю 2200÷2400 кг/м³.

Бетон відрізняється досить високими гігроскопічними властивостями, тобто добре вбирає вологу, що може привести, зокрема, до руйнування металеві арматур, що перебуває усередині. Гідроізоляція покликана, з одного боку, запобігти усмоктуванню вологи в бетонну основу від свіжеукладеного бетону, а з іншого сторони – капілярне проникнення вологи зовні й з-під основи промислової підлоги. Гідроізоляція влаштовується на підготовлену ґрунтову або гравійно-піщану основу. Для промислових високоміцних підлог у більшості випадків використовується поліетиленова плівка, товщиною 100 мк. Рулони розкочуються з нахлестом. Застосування полімерної плівки між існуючою основою й новою підлогою перешкоджає інтенсивній водовіддачі бетонної суміші, а також знижує ймовірність утвору тріщин у бетоні. Плівка забезпечує ковзання бетонної плити на основі й знижує коефіцієнт тертя з бетоном, що осаджується [45].

Температура на поверхні підлоги є важливим показником. Втрати тепла через підлоги без теплоізоляції досягають 15÷20% від загального обсягу теплових втрат, крізь конструкцій, що обгороджують. При недостатній теплоізоляції відбувається промерзання плит перекриття, обгороджуючих конструкцій; конденсація вологи на поверхні підлог і в місцях сполучення стін і підлог, що веде до появи грибкових утворень і цвілі, що виявляють руйнівний вплив на конструкції будівель і на здоров'я людей. Для усунення даних явищ, а також для підвищення комфортності приміщень і зниження витрат на опалення, застосовують утеплення конструкцій підлог [104].

Технології улаштування утеплених підлог з використанням різних матеріалів утеплення мають ряд особливостей, які прямо залежать від матеріалу утеплення. Основною особливістю технології теплоізоляції підлог за допомогою мінераловатного утеплювача (рис. 2.12) є необхідність додаткового захисту його від впливу пари й вологи. [104].



Рисунок 2.12 – Теплоізоляція підлоги за допомогою мінераловатного утеплювача

Відмінні риси технології теплоізоляції підлог за допомогою екструдированого пінополістиролу полягають у тому, що відсутній додатковий захист утеплювача від впливу пари й вологи, а, крім цього, у зв'язку з більш низьким коефіцієнтом теплопровідності, товщина утеплювача зменшується в 1, 5 рази в порівнянні з мінераловатними утеплювачами (рис. 2.13).

Процес теплоізоляції підлог за допомогою екструдированного пінополістиролу відрізняється низькою трудомісткістю й енергоємністю в порівнянні з теплоізоляцією підлог за допомогою мінераловатного утеплювача. Разом з тим, ця технологія має ряд недоліків, таких як відсутність звукоізолюючих властивостей, а також горючість утеплювача.



Рисунок 2.13 – Теплоізоляція підлоги за допомогою екструдированного пінополістиролу

Технології улаштування монолітних покриттів підлог, металоцементних покриттів підлог, асфальтобетонних, ксилолітових, полімербетонних, безшовних [5, 140], підлог з жаротривких бетонів [139], монолітних хімічно-стійких підлог [57, 68, 69, 77, 78, 129, 130, 131, 132, 134, 135] широко застосовувалися в 1990-х рр. ХХ ст. Однак, у сучасному будівельному виробництві вони не знайшли широкого застосування. Близько 80 % сучасних конструкцій високоміцних підлог – це бетонні підлоги, бетонні підлоги зі зміцненим верхнім шаром (топінгом), бетонні підлоги з різними полімерними покриттями, їх варіації із застосуванням вакумування бетону.

Роботи з улаштування даного типу підлоги проводяться при температурі навколишнього повітря не нижче +10 °С. Для додання покриттю відтінків у суміші додаються пігменти. Кількість суміші, що наноситься, і її тип підбираються залежно від навантажень і умов експлуатації.

Відомі два способи нанесення суміші:

– «Dry-to-Wet» – суміш наноситься в сухому виді, витрата 3÷5 кг/м², обробляється за допомогою роторних машин, що втирають суміш у поверхню бетону; товщина зміцненого шару близько 3 мм;

– «Wet-to-Wet» – суміш наноситься в рідкому стані, виготовляється безпосередньо на ділянці (витрата більш 10 кг/м²), товщина шару становить 5÷15 мм. Поверхня обробляється роторними машинами; можливе використання спеціального праймера для нанесення його на старий бетон [147].

До переваг топінгів у конструктивно-технологічних і експлуатаційних параметрах відносяться:

- збільшення міцності поверхні бетонної плити до класу В30;
- підвищення зносостійкості підлоги в 5÷10 раз;
- стійкість до впливу агресивних хімічних середовищ;
- стійкість до впливу механічних ушкоджень;
- стійкість до перепадів температур;

- швидка готовність поверхні до експлуатації;
- дотримання гігієнічних і пожежних вимог.

До основних етапів технологічного процесу улаштування топінг-підлог відноситься [147]:

- підготовка основи під нанесення топінгів (складається з декількох етапів); послідовність виконання й взаємозв'язок між ними можуть варіюватися залежно від конструктивних рішень, ступеня готовності основи до нанесення зміцнюючого шару, використовуваних матеріалів і інших факторів;

- укладання додаткових шарів; у якості додаткових шарів підлоги проектними рішеннями можуть бути передбачені звуко-, тепло- і гідроізоляційний шари (шар гідроізоляції втримує цементне молочко й не допускає усмоктування води, що втримується в бетоні, в основу);

- укладання бетону; традиційне армування може бути замінене або доповнене додаванням у бетон фібри; для улаштування високоміцних підлог використовується бетон класу В20; при цьому, проводиться контроль якості укладання бетону за допомогою лазерного нівеліра; ущільнення здійснюється віброрейкою;

- нанесення зміцнюючої суміші на свіжеукладений бетон; через кілька годин після ущільнення бетону до нанесення суміші бетон заглажують для розм'якшення кірки, що утворюється на поверхні; зміцнююча суміш наноситься рівномірно за допомогою механічного розподільного візка;

- обробка поверхні здійснюється за допомогою бетонообробних затирочних машин; процес затирання дисками повторюється кілька разів, потім поверхня затирається лопатами до повного закриття пор на поверхні бетонної плити; гладкість бетонної плити при цьому послідовно підвищується, її поверхня поступово стає глянсовою;

- нанесення лаку; лак створює на поверхні бетонної плити захисну плівку, що запобігає передчасному пересиханню бетону й забезпечує його рівномірне дозрівання до досягнення високих показників міцності;

– нарізання та герметизація деформаційно-усадочних швів; дані шви розділяють бетонну поверхню на окремі поля – карти.

Порівняльні характеристики бетонних підлог без покриття й підлог зі зміцненим верхнім шаром наведені в табл. 2.3.

У результаті застосування даної технології відбувається збільшення міцності поверхні бетонної плити, підвищення зносостійкості, стійкості до впливу агресивних хімічних середовищ і механічних ушкоджень, стійкості до перепадів температур. Такий тип підлоги в 3÷4 рази швидше, чим бетонний за традиційною технологією може бути готовий до експлуатації [147].

Таблиця 2.3 - Порівняльні характеристики топінгів і бетонних підлог без покриття

№ пп.	Характеристики	Бетонна підлога без покриття	Топінг-підлога зі зміцненим верхнім шаром
1	Міцність на стиск, МПа	10÷50	20÷50
2	Поверхнева міцність, МПа	10÷50	30÷70
3	Міцність на вигин, МПа	3÷4	3÷4
4	Зношування, г/см ²	0,9÷1,2	0,2÷0,9
5	Мінімальна товщина шару, мм	80	80
6	Початок пилення, років	0÷0,5	1÷2
7	Початок руйнування, років	1÷3	1÷5
8	Улаштування усадочних швів, через м	4÷6	4÷6
9	Термін служби при інтенсивній експлуатації, років	3÷5	3÷8

Улаштування полімерних покриттів підлог допускає ряд основних і обов'язкових вимог до підготовки бетонної основи [103]:

- видалення слабкого поверхневого шару бетону;
- досягнення вологості основи не більш 5%;
- нанесення ґрунтовки на основу.

До основних етапів технологічного процесу улаштування підлог з полімерними покриттями відносяться:

- планування й ущільнення ґрунту;

- укладання додаткових шарів (звуко-, теплоізоляція);
- укладання гідроізоляційного шару;
- укладання бетону;
- нівелювання поверхні;
- ущільнення бетону віброрейкою;
- обробка поверхні бетону за допомогою бетонообробних затирочних машин;
- нарізання й заповнення деформаційно-усадочних швів;
- шліфування та знепилення поверхні;
- пошарове нанесення полімерного покриття на заґрунтовану поверхню методом наливання й послойно.

Вибір полімерного покриття підлоги залежить від індивідуальних умов експлуатації будівлі, а також від вимог, пропонованих до підлоги [103].

Вакуумування бетону – прогресивний метод, що підвищує продуктивність праці, міцність, зносостійкість і якість поверхні підлог. Метод дозволяє використовувати пластичні, зручноукладуємі бетони з осіданням конуса $8\div 10$ див. Підлоги, виготовлені по цьому методу, відповідають сучасним вимогам якості будівельної продукції: щільні, здатні сприймати значні механічні впливи, безшовні, знепилені [122].

Вакуумування бетону дає можливість наносити шар спеціального покриття на свіжевкладений бетон. Зниження деформацій усадки при улаштуванні вакуумованого бетону дозволяє створювати ділянки підлоги площею до 300 м^2 без деформаційних швів.

Для підвищення водостійкості підлоги покривають емульсійними полімерними составами, що знижують тріщиноутворення й вплив хімічно активних речовин. Такі підлоги використовуються на підприємствах харчової й хімічної промисловості.

Бетонний шар після вакуумування в комбінації з покриттями підвищеної міцності забезпечує високий ступінь міцності підлоги в ранньому

віці, що дозволяє встановлювати важке виробниче устаткування за рухом будівельних робіт (рис. 2.14) [122].

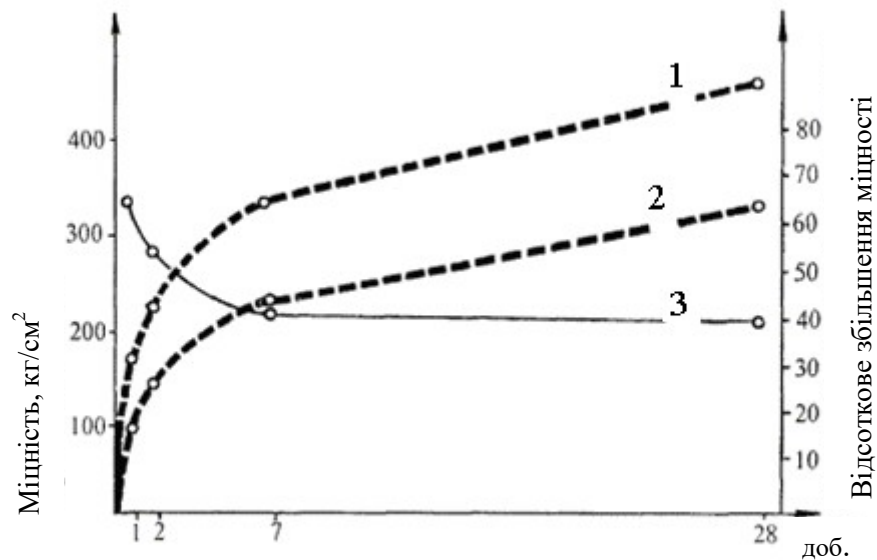


Рисунок 2.14 – Графік наростання міцності бетону в часі:

1 – при вакуумній обробці; 2 – при природньому зміцненні; 3 – процентне збільшення міцності бетону після вакуумної обробки

Графік враховує наростання міцності бетону В22,5 (номінальний опір стиску 300 кг/см^2) наступного складу:

- портландцемент – 302 кг/м^3 ;
- дрібний заповнювач – 626 кг/м^3 ;
- гравій фракції 8-16 мм – 382 кг/м^3 ;
- гравій фракції 16-32 мм – 885 кг/м^3 ;
- водоцементное відношення – 0,6;
- осадку конуса – 9 см.

Основні технологічні операції улаштування бетонної підлоги даним методом такі:

- підготовка ділянки роботи;
- підготовка основи для бетонування й установка напрямних;
- подача й розподіл бетонної суміші;

- ущільнення бетонної суміші за допомогою вібруючої рейки (поверхневих вібраторів);
- вакуумна обробка бетонної поверхні;
- затирання поверхні бетону машиною, що загладжує (бетонообробна машина);
- шліфування поверхні бетону машиною, що загладжує (рис. 2.15) [122].

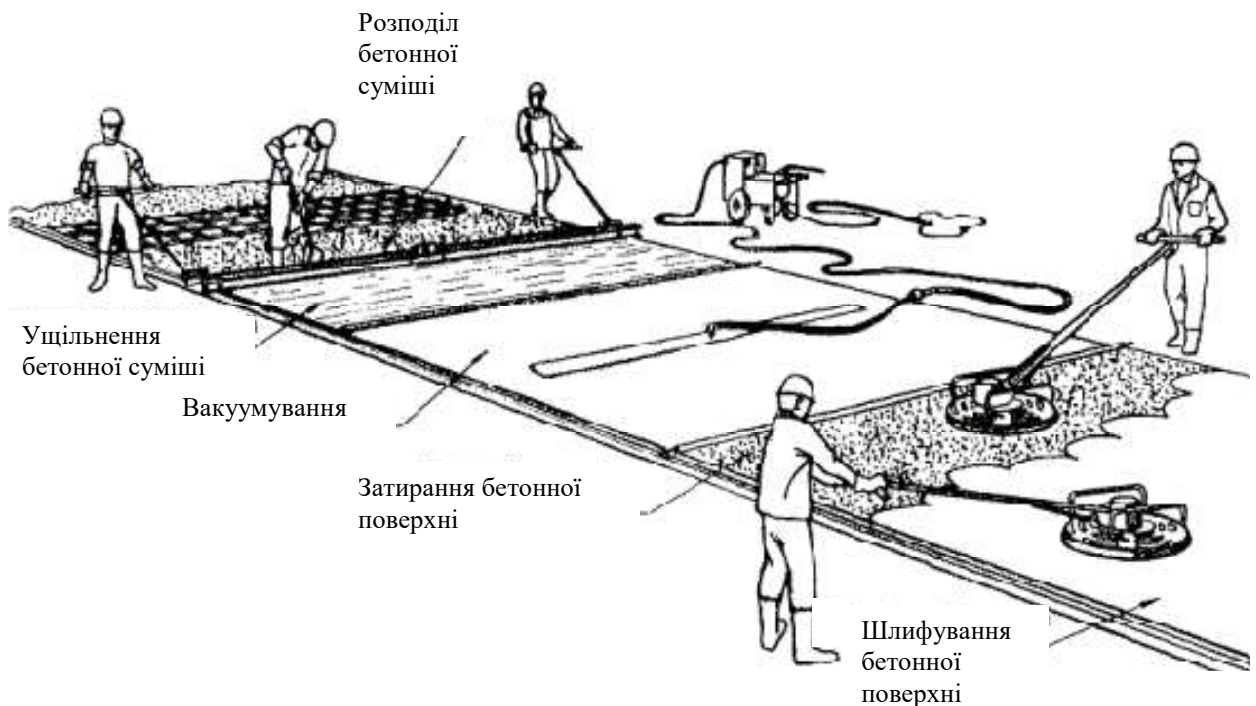


Рисунок 2.15 – Технологічна послідовність процесу улаштування підлог методом вакуумування

Довжина захватки забезпечує безперервність роботи бригади протягом зміни, а ширина приймається максимально можливою, але не більш 6 метрів. Бетонування захваток проводиться через одну. Установка напрямних, розмітка основи, установка маяків проводиться в день, що передує укладанню бетону. Процес характеризується питомим виробітком в $22,5 \text{ м}^2/\text{люд.-год.}$ і питомими працезатратами в $0,26 \text{ люд.-год./м}^2$ [122].

2.3 Дослідження факторів, що впливають на довговічність конструкцій високоміцних бетонних підлог

У результаті проведених обстежень ряду об'єктів України були виявлені основні причини, що виявляють вплив на довговічність промислових підлог. Стало очевидним, що довговічність високоміцних підлог залежить від трьох основних взаємозалежних складових:

– при проектуванні – від правильності прийнятих проектних рішень, що виражаються в забезпеченні відповідності прийнятої конструкції підлог тим навантаженням і впливам, яких вони можуть зазнати протягом усього певного проектом строку експлуатації;

– при будівництві – від якості матеріалів, застосовуваних при будівництві, і якості виконання робіт, тобто дотримання прийнятих проектних, технологічних і технічних рішень, передбачених затвердженим технічним завданням і проектом;

– при експлуатації – від дотримання запланованих режимів і умов експлуатації, як самої плити підлоги, так і її основи, а також виконання необхідних регламентних заходів і операцій по підтримці технічного стану підлог, у тому числі, дотримання режимів і графіків планово-запобіжних і поточних ремонтів [24].

Було виявлено, що довговічність бетонних підлог на одних об'єктах виявилася нижче, чим на інших, і не досягала навіть 5 років через неприпустимі руйнування. Причинами зниження довговічності й експлуатаційної придатності високоміцних підлог з'явилися, як показали дослідження, порушення визначальних принципів в одній або відразу у всіх складових їхньої якості, а саме:

– у недосконалості діючих нормативних документів, що регулюють питання проектування, будівництва, приймання й експлуатації високоміцних підлог;

– у низької кваліфікації проектувальників і, відповідно, у низькій якості проектних рішень;

– у наявності недоліків будівельного виробництва при улаштуванні основ і підлог;

– у порушенні умов запланованого режиму експлуатації, у тому числі, перевищенні навантажень, передбачених технічним завданням на проектування й самим проектом.

При виборі конструкції підлоги й виконанні розрахунків проектувальник, як правило, не орієнтований на поняття «довговічність» як визначальний показник.

Найбільш раціональними, можуть виявитися рішення, що опираються на застарілі, але діючі нормативні документи, а нерідко й на власний досвід проектування, що часто не враховує необхідний у цьому випадку аналіз і систематичний моніторинг поведінки запроектованої конструкції в експлуатаційний період. Додатковим джерелом помилок на стадії проектування служать недостовірні дані попередніх інженерних і інженерно-геологічних вишукувань. Крім цього, інженер-проектувальник залежний від рівня обґрунтованості розрахункових методик, відповідних до прийнятих моделей спільної роботи основи й плити підлоги, рекомендацій різних нормативно-технічних документів і допущень, прийнятих у них. Однак, зважаючи на те, що знання в області проектування підлог постійно удосконалюються, очевидними стають недоліки й недогляди в раніше прийнятих проектних рішеннях [24].

У сучасній практиці будівництва об'єктивно обґрунтована необхідність системного підходу при аналізі, виборі конструкції, матеріалів і технологій улаштування підлог на промислових і цивільних об'єктах. Крім трьох основних складових, що впливають на довговічність конструкцій високоміцних підлог, слід виділити також не менш важливі фактори. У результаті проведених досліджень були виявлені основні конструктивні,

технологічні, організаційні й експлуатаційні фактори, що визначають надійність і довговічність підлоги [23, 24].

До конструктивних факторів відносяться:

– фактори, що визначають величину допустимих активних напружень зрушення в ґрунті робочого шару й верхній частини ґрунтової основи, а саме: товщина, еквівалентний модуль пружності, значення контактного напруження й ін.;

– фактори, що визначають механічні властивості бетону: клас бетону по міцності на стиск, осьове розтягування й розтягування при вигині, початковий модуль пружності й ін.;

– тип і характер армування несучої плити підлоги й ґрунту;

– механічні властивості й показники хімічної стійкості зміцнюючого покриття.

До технологічних факторів відносяться:

– фактично досягнута ступінь ущільнення ґрунту;

– технологічні можливості використаного устаткування;

– фактичні показники, що визначають механічні властивості використаного бетону;

– наявність вхідного й операційного контролю якості застосовуваних матеріалів;

– наявність системи контролю якості при виконанні робіт.

До експлуатаційних факторів відносяться:

– фактори, що визначають фактичну величину діючих напружень у плиті підлоги й у основі: значення статичних, динамічних, температурних і інших впливів;

– фактори, що визначають зовнішні впливи на поверхневий шар покриття: хімічні, ударні впливи, а також показники інтенсивності руху транспортних засобів;

– допустимі й фактичні значення показників рівності поверхні підлоги.

До організаційних факторів відносяться кваліфікація, досвід і надійність організації, що виконує роботи, і її взаємодія зі службами замовника.

Додатково слід зазначити, що в залізобетонній плиті підлоги можуть спостерігатися явища різного характеру, що виявляють безпосередній вплив на довговічність усієї його конструкції [111]:

Карбонізація. Основний матеріал конструкції високоміцних підлог – бетон. Перетворення складових компонентів (заповнювачі, цемент, вода) у високоміцний бетон відбувається в результаті хімічних реакцій протягом перших днів після його укладання. Випробування, проведені через чотири дні після укладання, показують, що в загальному обсязі бетон уже затвердів і лише незначна частина його надалі бере участь у реакціях, що сприяють підвищенню міцності матеріалу. Карбонізація не є дефектом бетону, тому що він сам по собі не перетерплює ніяких руйнувань. Однак, бетон втрачає здатність корозійного захисту, і при наявності достатньої кількості кисню й води сталь, що перебуває в карбонізованому шарі бетону, починає піддаватися корозії.

Неякісна установка арматур. Тривалість терміну служби залізобетонних підлог значною мірою залежить від майстерності арматурників: від правильного розподілу стрижнів, дотримання відстані між стрижнями й товщини захисного шару бетону. Іноді навіть кваліфіковані робітники не представляють, що відбудеться з бетоном через кілька років, якщо не будуть дотримані мінімально допустимі величини захисного шару бетону. Однак, дефекти бетонного покриття дуже часто закладені вже на стадії проектування.

Хімічні впливи на бетон. До негативних якостей бетону відноситься схильність його до хімічного руйнування. Схильним до створення нових хімічних сполук, у першу чергу, є цемент, у той час як природній камінь значно менш розташований до цього. Цементний камінь особливо чутливий до всякого роду кислотним впливам. Майже всі складові частини різних

цементів є лужними, тому цементний камінь не має опору проти органічних або неорганічних кислот.

Гази набагато легше проникають у бетон, чим рідини. Тому що бетон має пористу структуру, то при заповненні пор водою, особливо на зовнішній поверхні, агресивні речовини, які проникли разом з повітрям усередину бетону, розчиняються в порових водах. Якщо це відбувається протягом багатьох років, то концентрації агресивних речовин, небезпечних для бетону, можуть досягнути високих значень, що може привести до його руйнування.

Розчинюючий вплив. Тому що цементний камінь є лужним матеріалом, то на нього може впливати будь-яка кислота, і у випадку достатньої її кількості й концентрації він може бути зруйнований. У результаті розчинення цементного каменю взаємозв'язок між заповнювачем і в'язким значно знижується й при постійному впливі кислот повністю руйнується.

Розширювальні впливи відбуваються тоді, коли агресивні речовини, реагуючи із цементним каменем (набагато рідше із заповнювачами), утворюють нові продукти, обсяг яких значно більше первісного. У результаті збільшення обсягу продукту, що утворився відбувається розрив внутрішньої структури бетону. Якщо речовини, що розширюються, проникають усередину бетону (тріщини), або втримуються в ньому (лужнопоглинаючі заповнювачі), то дія розширення в більшості випадків виявляє більш сильний руйнуючий вплив, ніж розчинюючі процеси.

Корозія сталі. При виготовленні бетону в результаті розчинення вапняних часток, що втримуються в цементі, утворюється лужний розчин з лужним показником рН більш 12. У процесі зміцнення бетону не відбувається ніяких особливих змін, тому що вода, що втримується в порах цементного каменю має високий показник рН. При такому показнику рН на зовнішній поверхні арматурної сталі утворюється шар з окису тривалентного заліза, який захищає зовнішню поверхню сталі від корозії. Корозійний захист зберігається доти, доки лужний показник рН бетону навколо сталі не знизиться нижче 8,3; наприклад, у результаті карбонізації (перетворення

гідроокису кальцію плюс вуглекислого газу повітря в карбонат кальцію). При достатній товщині шару бетонного покриття цього не відбувається.

Температура. Температурні деформації не викликають початкових напружень у залізобетоні, тому що коефіцієнт лінійного розширення бетону й арматури практично однаковий. Зате велике значення має деформація бетону підлог від усадки, особливо в з'єднанні з температурними впливами.

Капілярна усадка. Тріщини, що утворюються в першій години у молодому бетоні, можуть привести до капілярної усадки. З поверхні свіжого бетону випаровується волога, інтенсивність випару залежить від відносної вологості повітря, температури й руху навколишнього повітря. У результаті пароподібної вологовіддачі зміст вологи в шарах підлоги, близьких до поверхні, зменшується. Зменшення, що відбувається по поперечному перерізу бетону, вологості викликає капілярні пересування вологи зсередини до верхньої поверхні свіжого бетону. Це веде до появи напружень розтягування і розвитку тріщин. Втрата вологи приводить до усадок і створення тріщин, що проходять через арматурну сталь [98, 111].

Хімічна усадка. Це зменшення обсягу цементного каменю в результаті більшої щільності хімічно зв'язаної води стосовно води затворення. При цьому раніше заповнені водою капілярні пори випорожнюються, внаслідок чого утворюється вакуум. Хімічна усадка визначається через водоцементне відношення. При водоцементному відношенні зі значенням більше 0,5 частка усадки мала, тому що значення водоцементного відношення при повній гідратації становить 0,42.

Крім того, на довговічність конструкцій високоміцних підлог впливають землетруси, влучення на поверхню масел різного походження, вогонь, різні тріщини. Появу тріщин у залізобетонній плиті підлоги неможливо уникнути, при цьому їх класифікація виглядає наступним чином:

– тріщини, обумовлені початковими напруженнями, що виникають у бетонних конструкціях високоміцних підлог протягом перших днів зміцнення бетону;

- усадочні тріщини, обумовлені висиханням бетону;
- усадочні тріщини, обумовлені скороченням обсягу;
- тріщини, обумовлені нерівномірним охолодженням бетону;
- тріщини, що з'явилися в результаті температурних розширень;
- тріщини, обумовлені факторами перевантаження;
- тріщини в результаті нерівномірного осідання ґрунтової основи підлоги.

Ударні впливи й впливу від руху транспортних засобів є найпоширенішими механічними впливами на підлоги виробничих, складських будівель. Ці впливи можуть мати місце, як у комплексі, так і окремо.

Ударні впливи за своїм характером належать до категорії випадкових, ненавмисних явищ. Однак, незважаючи на випадковий характер, удари досить поширені. Випадковість даного явища надзвичайно ускладнює класифікацію ударів, як впливів, та й причини ударів різноманітні: падіння предметів, опускання вантажів на підлогу з ефектом удару, скочування круглих предметів з однієї площини на іншу та ін. [98].

Рух безрейкових транспортних засобів (електрокарів, автотранспортувачів, усіляких ручних візків і ін.) впливає на підлогу й, насамперед, на її покриття. Найбільш характерним результатом такого впливу є зношування матеріалу покриття, це обумовлено як небажане, але неминуче зменшення товщини покриття під впливом механічного впливу. Тією чи іншою мірою (залежно від властивостей матеріалів) зношуванню піддаються всі покриття підлог незалежно від їх конструктивного рішення. Підвищенню небезпеки відшарування й певною мірою збільшенню зношування сприяють удари коліс при русі по різних нерівностях на покритті, наприклад по швах між плитами. Таким чином, головними параметрами, що забезпечують довговічність і успішну експлуатацію підлоги в умовах впливу руху транспортних засобів, є опір зношування й збереження монолітності між усіма його елементами [98].

Дія агресивних середовищ на підлогу являє собою складний фізико-хімічний процес. Потрапляючи на підлогу, агресивне середовище впливає в першу чергу на верхній елемент підлоги – покриття. Тому в створенні хімічно стійких підлог першорядну роль відіграє якість вихідних матеріалів. Дія агресивних середовищ на підлоги надзвичайно різноманітно. По інтенсивності й силі руйнування найбільш екстремальним є кислоти і їх розчини, а також кислі гази при високій вологості в приміщенні [98].

У високоміцних бетонних підлогах додання непроникності покриттю зводиться до ущільнення бетону. Для цементних составів методи ущільнення структури зводяться головним чином до зменшення водоцементного відношення або додавання в бетонну суміш різних добавок. Найбільш перспективним напрямком у питанні підвищення щільності матеріалів, у тому числі бетонів і розчинів, є використання добавок поверхнево-активних речовин (ПАВ).

Вплив деструкції. Даний вид експлуатаційного впливу найнебезпечніший для полімерних матеріалів, використовуваних у конструкціях високоміцних підлог. Основними видами деструкції полімерних матеріалів є термоокислююча (при спільній дії тепла й кисню повітря), фотохімічна (при дії квантів світла) і гідролітична (при дії води й каталізуючого впливу кислот, лугів і тепла) [98].

Вплив тепла. У результаті теплових впливів підлоги в гарячих цехах виробничих будівель нагріваються променистим (виділюваним під час розливання чавуну, сталі або шлаків, від розпечених зливків металу і ін.) або контактним (від лежачих на підлозі гарячих заготовок, рулонів, розпеченого обрізу, профілів що прокочуються і ін.) теплом.

Перевірка якості готових бетонних підлог є важливим завершальним етапом у всьому технологічному ланцюжку їх улаштування. Рівність підлоги є одним з основних вимог при його прийманні [161]. Для будівель складського призначення, у яких функціонують колісні навантажувачі, повинна приділятися особлива увага хвилястості підлоги. Діючі в Україні

норми не враховують даний показник, хоча він має велике значення. Навантажувач із невеликим діаметром коліс і із жорсткими, при великих швидкостях руху, передає на підлогу, що має хвилястість, значні динамічні навантаження, що руйнують його. Чим вище значення хвилястості, тим більше динамічне навантаження й, відповідно, руйнування підлоги [21, 39].

У США в минулому сторіччі була розроблена методика виміру й розрахунків рівності підлог [169], де вони оцінюються двома показниками:

Floor Flatness (FF) – хвилястість;

Floor Levelness (FL) – горизонтальність.

Показник хвилястості підлоги FF обчислюється на підставі обробки даних, отриманих виміром оцінок крапок із кроком 0,3 м приладом профілеографом. Представляючи профіль підлоги у вигляді хвилі, показник FF відображає не тільки абсолютну величину перепаду висот профілю підлоги, але і його частоту. Характеризуючи хвилясту поверхню підлоги, показник FF дає різні значення характеристик рівності підлоги з однієї або декількома хвилями такої ж амплітуди (рис. 2.16).

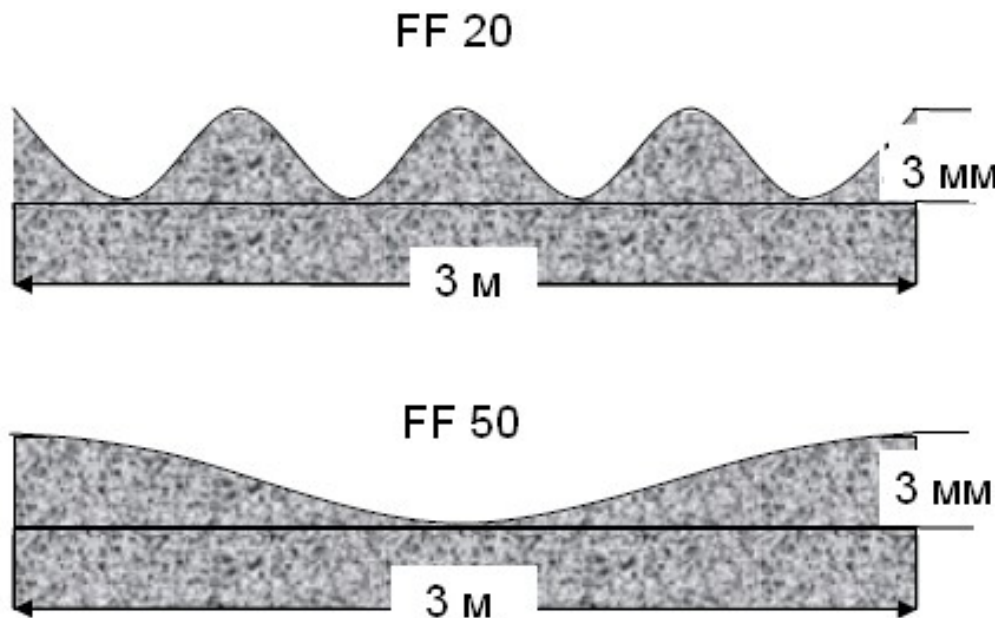


Рисунок 2.16 – Види бетонної підлоги із вказівкою однакової амплітуди й різних значень показника хвилястості

Примітно, що дані показники заміряються протягом 24 годин після фінішного затирання кожної захватки підлоги, з метою оперативного виправлення дефектів при їх виявленні [161].

Для зниження руйнувань підлоги необхідно збільшувати показник хвилястості, що досягається застосуванням відповідних технологічних операцій, використанням вимірювальних приладів з подальшою комп'ютерною обробкою даних з метою одержання показника хвилястості на відповідність його зазначеним вимогам.

Аналіз показав, що в багатьох випадках ступінь впливу факторів різного характеру (конструктивних, технологічних, організаційних і експлуатаційних) за величиною порівнювані.

Слід зазначити, що всі перераховані вище фактори можна віднести до визначальних, що впливають на довговічність конструкцій високоміцних бетонних підлог. Інформація про ці фактори повинна обов'язково враховуватися при прийнятті проектних і виробничих рішень.

2.4 Аналіз нормативної документації, що регламентує методи улаштування високоміцних бетонних підлог

На сьогоднішній день в Україні відсутній єдиний нормативний документ, що регламентує питання проектування й улаштування підлог, у тому числі й високоміцних, для промислових і цивільних будівель. Однак, існують нормативні документи, які фрагментарно регламентують окремі питання.

Будівельні норми й правила [94] поширюються на проектування підлог виробничих, житлових, суспільних, адміністративних і побутових будівель і визначають загальні положення проектування. У них приводиться опис основних конструктивних елементів підлог і їх види, інформація про вибір

типу покриття підлоги у виробничих будівлях, роз'яснюються деякі технологічні аспекти. Даний нормативний документ є основним документом з правил, що регламентують провадження робіт з улаштування промислових підлог. Хоча він трохи застарів і не зовсім відповідає сучасним вимогам, саме завдяки ньому, можливо, формулюються рішення з виготовлення високоміцних підлог, починаючи від сфери використання, умов експлуатації й діючих навантажень.

Згідно ДБН [63], виконуються роботи з утеплення конструкцій підлог, а також проводиться вибір матеріалів. Дані загальні норми проектування конструкцій будівель з урахуванням сучасних вимог до енергозбереження, наведено розрахунки теплотехнічних показників, обгороджуваних конструкцій будівель і споруджень.

Грунтова основа під підлоги виконується у відповідність із ДБН [88]. Тут установлені основні положення й вимоги до проектування основ і фундаментів будівель і споруджень.

При необхідності улаштуванні високоміцних підлог з використанням сухих будівельних сумішей користуються деякими розділами відповідних ДБН [125]. Дані норми регламентують виконання й приймання робіт із улаштування покриттів будівельних конструкцій сумішами й на основі сухих будівельних сумішей для будівель промислового й цивільного призначення. Зокрема, норми регламентують технологічні процеси улаштування підлог.

Готування, транспортування й укладання бетонних сумішей, у тому числі, для улаштування бетонної плити підлоги роблять відповідно до СНиП [85]. Дані норми й правила поширюються на виробництво й приймання робіт, виконуваних при будівництві різних будівель.

Гідроізоляція із застосуванням бітуму й мастик виконується відповідно до розд. 2 цих же норм, а полімерна гідроізоляція, гідроізоляція із щебенів із просоченням бітумом – згідно СНиП [1].

Деякі питання розрахунків конструкцій аеродромних покриттів, регламентовані в [8], схожі із принципами розрахунків високоміцних підлог,

у частині деформаційних швів і параметрів рівності покриттів.

Крім документа [94] для практичного використання були розроблені різні доповнення й рекомендації, що регламентують різні питання проектування, улаштування й ремонту підлог.

У документі [101] викладені технічні вимоги, пропоновані до підлогам, рекомендації із проектування та улаштування різних видів підлог, а також вказівки з їх приймання, експлуатації та ремонту [23].

У рекомендаціях [108] з розрахунку бетонних підстильних шарів промислових будівель з урахуванням економічної відповідальності викладаються норми залежно від призначення приміщення. Приводяться розрахункові опори бетону з відповідними значеннями показників надійності підстильного шару підлоги й імовірністю його відмови. Описуються правила розрахунків бетонних підстильних шарів при навантаженнях різного виду.

Рекомендації [107] містять загальні поняття про підлоги, застосовуваних матеріалах, конструктивних шарах підлоги, а також класифікацію експлуатаційних вимог, класифікацію й характеристики експлуатаційних впливів, рекомендації з вибору й призначенню конструкції підлоги (покриття, прошарку, гідроізоляції, стяжки, підстильного шару, основи) залежно від впливів на підлогу й експлуатаційних вимог до неї.

У рекомендаціях [110] викладена технологія улаштування й правила приймання робіт основних видів підлог, застосовуваних у цей час у промислових, житлових, суспільних і адміністративно-побутових будівлях. Викладені основні вимоги до матеріалів, наведені склади сумішей для покриттів, прошарків, стяжок, а також список машин і механізмів, що застосовуються при улаштуванні підлог.

Для розрахунків і вибору матеріалів фібробетонних конструкцій, у тому числі, і підлог використовується звід правил РФ [120].

При аналізі нормативної документації країн далекого зарубіжжя в області улаштування високоміцних підлог слід особливо зазначити наступні основні документи.

Керівництво США [161] містить повну й вичерпну інформацію із класифікації конструкцій підлог, проектуванню, підготовчим роботам, вибору матеріалів, властивостям бетонної суміші, що укладається, технологічним операціям з улаштування бетонних високоміцних підлог, контролю якості виконаних робіт, причинам виникнення дефектів і їх усунення.

Документ Великобританії [156] містить докладну інформацію й охоплює всі можливі питання з улаштування і ремонту високоміцних підлог. Приділяється особлива увага видам армування плити підлоги, улаштування швів, виконанню опалубних робіт, сформульовані загальні вимоги до готової поверхні підлоги.

Стандарти Німеччини [159] регламентують вимоги до рівності конструкцій підлог для складських приміщень.

Слід зазначити, що перераховані вище стандарти країн далекого зарубіжжя є основними при проектуванні, улаштуванні й ремонту конструкцій високоміцних підлог у розвинених країнах.

Аналіз нормативної документації дозволив скласти класифікацію основних нормативних документів в області улаштування високоміцних бетонних підлог (табл. 2.4).

Порівняння вітчизняних і закордонних норм показує, що норми з улаштування високоміцних підлог, що діють в Україні, суттєво застаріли. Дані норми призначені для всіх будівель і споруджень і в них відсутні чіткі вимоги, наприклад, до рівності підлог або довговічності конструкцій. Крім того, у них недостатньо чітко регламентовані вимоги до готових покриттів і матеріалам для них [56, 63, 94].

Слід констатувати, що діючі в цей час нормативно-технічні документи не містять практичних вказівок і обґрунтованих методик оцінки поточного технічного стану й прогнозованої довговічності експлуатованих високоміцних підлог. Також ними не передбачена класифікація можливих причин і різних впливів факторів, що сприяють виникненню дефектів і

ушкоджень, з кількісною і якісною оцінкою ступеня їх значимості на існуючі й прогнозовані характеристики високоміцних підлог. Існують лише окремі галузеві технічні документи [98, 23] нормативні періоди, що регламентують, експлуатації різних типів промислових підлог до капітального ремонту залежно від їх конструкції й фактичної інтенсивності експлуатаційних впливів.

Таблиця 2.4 – Основні нормативні документи в області проектування й улаштування конструкцій високоміцних підлог

№ п/п	Основні нормативні документи України	Основні нормативні документи країн далекого зарубіжжя.
1	ДБН Д.2.2-11-99. <u>Збірник 11. Підлоги</u>	ACI 302.1R-04. Guide for concrete and slab construction. USA.
2	ДСТУ-Н Б А.3.1-23:2013 Проведення робіт з улаштування ізоляційних, оздоблювальних, захисних покриттів стін, підлог і покрівель	Concrete society report TR 34. Concrete industrial ground floors. A guide to design and construction. UK.
3	–	Стандарти Німеччини DIN 15185 Lagersysteme mit leitliniengeführten Flurförderzeugen DIN 18202 Ebenheitstoleranzen. DIN 18560 Estriche im Bauwesen

Аналіз нормативної документації показав, що два основні діючі СНіП (табл. 2.4), якими користуються проектні й будівельні організації України, випущені більше 20 років тому в СРСР. Дані документи застаріли й не відповідають сучасним вимогам.

При цьому ні українськими, ні російськими нормативами рівність підлог для складських приміщень не регламентована. На практиці рівність підлог у складських будівлях визначається вимогами, пропонуваними

постачальниками підйомно-транспортного устаткування й стандартами [35, 158, 159, 166]. Також вимоги до рівності підлог не регламентовані для приміщень кіностудій, гіпермаркетів, торгово-розважальних центрів. На практиці проектні організації опираються на досвід спеціалізованих будівельних організацій, рекомендації постачальників, а також виробників матеріалів і підйомно-транспортного устаткування. У більшості випадків при зведенні великих сучасних об'єктів і використанні закордонних матеріалів і устаткування, запозичається й організаційно-технологічні рішення при виконанні робіт, які засновані на закордонних стандартах. Даний процес носить найчастіше суб'єктивний характер, тому що, знову ж, відсутня сучасна вітчизняна нормативна база.

У цьому зв'язку, необхідно відзначити, що існує об'єктивна необхідність проводити подальші наукові дослідження, що посприяють удосконалюванню української нормативної бази з використанням закордонного досвіду, що дозволить підвищити якість і довговічність готових конструкцій високоміцних бетонних підлог.

2.5 Дослідження технічного стану експлуатованих конструкцій високоміцних бетонних підлог

Конструкція підлоги при експлуатації зазнає різномонітні динамічні впливи. Українська будівельна практика показує, що якщо конструкції стель або стін потребують косметичного ремонту кожні 5÷10 років, то конструкції підлог і їх покриття, що зазнають значним експлуатаційним впливам, необхідно ремонтувати значно частіше. Для забезпечення якості улаштування підлог і збільшення строків їх служби, необхідне здійснення заходів, що підвищують їх експлуатаційні властивості.

До основних факторів, що впливають на якість і довговічність конструкцій підлог, відносяться [114]:

- якість застосовуваних будівельних матеріалів;
- дотримання технології при провадженні робіт;
- характер статичних навантажень;
- характер вібраційних і динамічних навантажень;
- правильність у прийнятті проектних рішень;
- техногенна діяльність людини;
- експлуатаційні впливи.

Крім основних, розрізняють ще ряд факторів, що виявляють безпосередній вплив на конструкцію підлоги:

- зміна гідрогеологічних властивостей ґрунтів основ;
- температурні зміни навколишнього середовища;
- взаємодія з агресивними середовищами;
- перепади вологості;
- статичні та блукаючі струми;
- сейсмічний вплив.

В процесі експлуатації високоміцних бетонних підлог на об'єктах промислового або цивільного призначення в результаті впливу вищевказаних факторів відбувається поступове їх зношування, а коли напруження й деформації перевищують допустимі значення, відбувається їх часткове або повне руйнування, яке проявляється у вигляді створення різних ушкоджень. До найбільш характерних та часто виявляємих ушкоджень, що заважають проектній експлуатації конструкцій високоміцних бетонних підлог, відносяться:

- лущення та викрашування поверхневого шару бетону;
- створення вибоїв, раковин, тріщин і відшарувань;
- відколи кутів, кромок і вертикальні зсуви плит;
- підвищене пилестворення;
- жолоблення;
- відколи крайок швів і руйнування герметика.

Основні причини виникнення ушкоджень підлог можна розділити на наступні:

- механічні руйнування (вибоїни, сколи, вм'ятини та ін.) – обумовлені впливами при русі транспортних засобів, ударах, що перевищують допустимі для даного типу покриттів;

- спучування підлог по ґрунту в неопалюваних приміщеннях (як правило, викликане спучуванням ґрунту, що відбувся в зимовий період);

- осідання підлог (є наслідком недостатнього ущільнення насипного ґрунту основи й створення під підлогою повітряних порожнин);

- створення на полімерних монолітних покриттях міхурів, при проколюванні яких спостерігається наявність води (обумовлене надходженням її до покриття знизу, через бетонну стяжку);

- відшарування покриттів без створення міхурів (при недостатній міцності підстильного шару й порушенні технології улаштування покриття, зокрема, недостатнє видалення з поверхні стяжки шару цементного молока);

- стирання покриття (пов'язане з невідповідністю умов експлуатації приміщення даному типу підлоги);

- застоювання рідин на поверхні підлоги (викликане, як правило, несправністю лотків, жолобів або інших елементів систем відводу рідин) [99, 146].

У процесі будівництва також неминучі різні відхилення, у тому числі, від проектних розмірів елементів конструкцій і властивостей будівельних матеріалів у межах, допустимих і не допустимих проектом і нормативними документами.

Крім того, на технічний стан підлог впливають правильність прийнятих технічних і організаційно-технологічних проектних рішень (оптимальне конструювання та точність розрахунків, повний облік навантажень і впливів і їх можливих відхилень, проектування потокового виробництва робіт), якість будівництва (достатнє ущільнення основ, якість вихідних матеріалів і

дотримання технології провадження робіт), а також дотримання проектних (початково планованих) умов експлуатації.

У результаті проведених досліджень були виявлені характерні дефекти й ушкодження високоміцних бетонних підлог, що викликані порушенням технології провадження робіт, а також порушеннями при експлуатації [34, 114].

Лущення поверхні (рис. 2.17) – відшаровування від поверхні підлоги тонких шарів бетону у вигляді лусочок товщиною 2-5 мм або тонких лещадок до 40 мм і викрашування дрібних часток, що становлять бетон – піску, щебенів і цементного каменю. Лущення поверхні відбувається в результаті порушення монолітності цементного каменю із заповнювачем, що характерно для бетонів, що мають невисокі показники адгезії цементного каменю до заповнювачів, що може бути наслідком застосування неякісних матеріалів і порушення технології виробництва бетонних робіт. На процес лущення значно впливають такі експлуатаційні фактори, як багаторазове додавання навантажень від підйомно-транспортного устаткування (для об'єктів складського призначення), порушення температурних умов експлуатації, а також ряд технологічних факторів при будівництві, зокрема,



Рисунок 2.17 – Лущення бетонної плити підлоги

застосування при готуванні бетонної суміші цементу низької якості й допустимих при улаштуванні підлог хімічних домішок. Наслідком луцнення є зменшення товщини плити підлоги, що знижує її несучу здатність. Луцнення поверхні сприяє відкриттю великого заповнювача бетону і є початком поверхневого руйнування, що приводить до створення надмірної кількості пилу бетонної плити, раковин, вибоїв, а потім відколів і проламів плит, що часто унеможлиблює подальшу експлуатацію підлоги.

Вибоїни (рис. 2.18) утворюються в результаті розвитку вже наявних викрашувань бетону під впливом багаторазово повторюваних динамічних навантажень. Звичайно мають вигляд воронкоподібних круглих або овальних поглиблень розміром $5\div 10$ см у плані й глибиною до $1\div 5$ см. Раковини мають таку ж форму, як і вибоїни, але менші розміри. Причина їх утворення – підвищений вміст у бетоні домішок у вигляді органічних і глинистих часток, а також застосування в якості великого заповнювача гравію з низькими показниками міцності, який швидко руйнується й випадає з бетону плити внаслідок його низького зчеплення із цементним каменем. Раковини можуть



Рисунок 2.18 – Вибоїни бетонної плити підлоги в одному з діючих мегамаркетів м. Харкова

з'являтися в результаті недоущільнення бетонної суміші, неякісної обробки поверхні й «омолодження» бетонної суміші при укладанні.

На рис. 2.18 чітко бачимо дефекти плити підлоги у вигляді вибоїн, розмірами близько 15×25 см, і глибиною близько 3÷4 см. Даний фрагмент плити високоміцної підлоги розташований у зоні доклевлерів, де відбувається інтенсивний рух транспортних засобів, підйомно-транспортного устаткування, а також короткочасні й тривалі охолодження й нагрівання поверхні підлоги. Слід зазначити, що, як правило, такі фрагменти підлоги ремонтуються кілька раз, причому відбувається це протягом перших 5 років експлуатації.

У роботі визначено, що тріщини бетонної підлоги можуть бути наскрізними, поверхневими й волосяними. Наскрізні (силові) тріщини (рис. 2.19) у бетонних плитах високоміцних підлог утворюються в тих випадках, коли напруження, що виникають у бетоні, перевищують межу його міцності на розтягування. Наскрізні тріщини звичайно виникають при недостатній несучій здатності конструкції плити й ґрунтової основи й викликані спільною дією експлуатаційного навантаження й температурно-



Рисунок 2.19 – Наскрізна тріщина бетонної плити підлоги

усадочних впливів. Крім цього, наскрізні тріщини розвиваються з поверхневих тріщин під дією випадкових навантажень, що перевищують проектні величини.

На кутових, особливо неармованих, ділянках плит часто утворюються косі тріщини (рис. 2.20). Вони сильно розгалужуються й мають викришені крайки. На крайових ділянках плит уздовж швів тріщини утворюються через неякісну нарізку швів і неправильну установки пристроїв передачі навантажень у швах. Наскрізні тріщини особливо інтенсивно розвиваються в місцях випадкової, найбільш несприятливої комбінації різних навантажень і впливів і, особливо, при наявності недостатньо ущільненої ґрунтової основи. Причиною їх появи є концентрація розтягувальних напружень у бетоні, що перевищує його допустимий розрахунковий опір. Основна небезпека наскрізних тріщин полягає в тому, що вони знижують несучу здатність плит підлоги через зміну розрахункової схеми й виникнення в плиті та підстилаючій основи, зусиль, непередбачуваних інженерним розрахунками [161].



Рисунок 2.20 – Косі тріщини бетонної плити підлоги

Поверхневі тріщини (рис. 2.21) бувають усадочного або температурного походження й виникають при жолобленні плит і спільній дії вібраційних навантажень, температурних і усадочних напружень. Поверхневі

тріщини поступово збільшуються в глибину й довжину й часто розгалужуються в різних напрямках. Створенню поверхневих тріщин сприяють такі фактори, як недотримання вимог до підбору складу бетонної суміші, неправильний догляд за свіжевкладеним бетоном, недотримання параметрів швів, несвоєчасна нарізка та інше [34].



Рисунок 2.21 – Поверхневі тріщини бетонної плити підлоги

Волосяні тріщини (рис. 2.22) (з розкриттям $<0,1$ мм) у вигляді розгалуженої сітки утворюються переважно при усадці бетону. Вони є результатом неправильного підбору складу бетонної суміші, високого об'ємного змісту низькомарочного цементу або недотримання правил догляду за бетоном у початковий період зміцнення. Волосяні паралельні тріщини також утворюються над стрижневою арматурою, розташованої у верхній частині перетину плити, при недостатній товщині захисного шару бетону.

Відколи кутів і країв плит (рис. 2.23) є результатом подальшого розвитку тріщин на цих ділянках при впливі вертикальних, у тому числі, колісних навантажень. Таким руйнуванням сприяють недостатня міцність бетону, неправильне армування, особливо місць перетинань осей швів, а також наявність зазорів між плитою та підстилаючою основою, які виникають у результаті концентрації зусиль в основі або жолоблення плити й

змінюють характер роботи кутів плит на консольний. Під дією експлуатаційних навантажень ці слабкі ділянки плит (краї й кути) відколюються й звичайно просідають або розколюються на більш дрібні частини.



Рисунок 2.22 – Волосяні тріщини, вибоїни й відшарування крайок шва плити підлоги



Рисунок 2.23 – Відколи кутів і країв бетонної плити підлоги

Руйнування крайок швів (рис. 2.24) є результатом недотримання технології нарізання швів і вибору невідповідних умовам експлуатації матеріалів для їхнього заповнення.

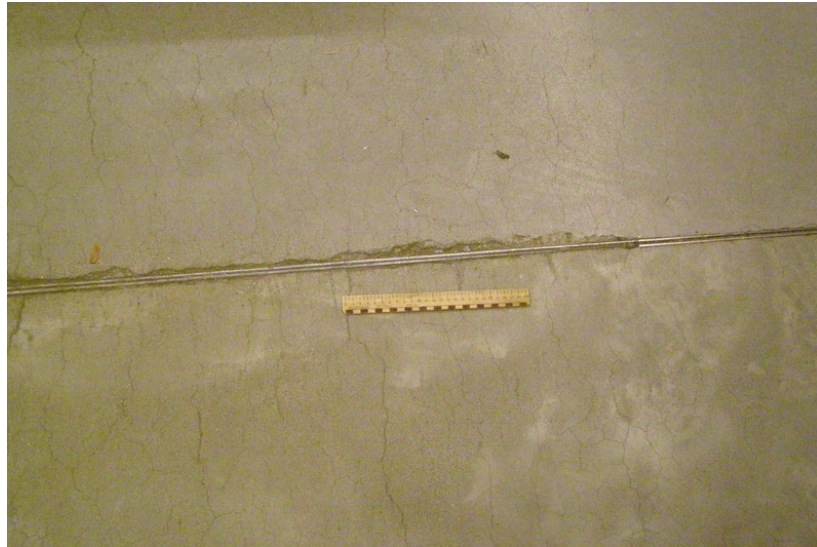


Рисунок 2.24 – Руйнування крайок швів бетонної плити підлоги

Відколи крайок спостерігаються також при наявності уступів між сусідніми плитами (рис. 2.25), що утворюються в результаті осідань ґрунту й жолоблення.



Рисунок 2.25 – Уступи між плитами підлоги

Часто причиною руйнування крайок є передчасний початок експлуатації підлоги до завершення набору бетоном необхідної міцності. З

сколів крайок звичайно починається руйнування стикових з'єднань (пристроїв передачі навантажень у швах). У випадку застосування шпунтованої конструкції стикового з'єднання спочатку руйнується поличка шпунта, а потім відколюється зуб шпунта, що часто відбувається при невеликій товщині плит (менш 20 см). Руйнування штирового з'єднання починається з утворення тріщин уздовж лінії розміщення штирів, а потім відбуваються відколи крайових ділянок плит. Цьому сприяє зсув штирів у процесі бетонування. Руйнування крайок плит збільшує ширину швів і створює на поверхні підлоги нерівності, що виключають можливість експлуатації напольного устаткування, транспорту в паспортному режимі по швидкості роботи. Наприклад, у складських будівлях даний дефект підлоги різко знижує швидкість проведення вантажно-розвантажувальних операцій (інтенсивність роботи складу), приводить до підвищеного зношування коліс, викликає підвищені вібрації в конструкціях, зварених з'єднаннях і вузлах підйомно-транспортного устаткування, і їх передчасне руйнування [34, 161].

Жолоблення плит (необоротного характеру) відбувається в процесі усадки при зміцненні бетону (ефект «підйому країв плит») через різницю по вертикальному перерізу плити в щільності структури бетону й швидкості втрати вологи. Впливає на ступінь жолоблення плит підлоги наявність стикових з'єднань між плитами.

Низька зносостійкість виникає переважно через недостатню міцність бетону, особливо його поверхні, і проявляється в підвищеному зношуванні (пиловідокремлення), а іноді навіть в оголенні зерен великого заповнювача. Це пов'язано з низкою поверхневою міцністю бетону.

Слід зазначити, що недостатня поверхнева міцність бетону виникає з ряду причин:

- наявність занадто великої кількості води затворення;
- надмірна рухливість бетонної суміші, що сприяє появленню цементного молока на поверхні бетонної суміші;
- передчасні загладжування й затирання;

- надмірне використання води при фінішній обробці;
- надмірне залучення повітря в поверхневий шар бетонної суміші;
- відсутність догляду за покладеним бетоном;
- ослаблення поверхневої міцності в ранньому віці бетону при його заморожуванні;
- використання плити підлоги для інтенсивного руху до досягнення бетоном необхідної міцності;
- недотримання технологічних перерв між операціями фінішної обробки поверхні.

Особливо слід зазначити такі дефекти високоміцних бетонних підлог як хвилястість і неправильний нахил підлоги. Дані дефекти найбільш характерні для будівель складського призначення, у яких з великими швидкостями рухаються високонавантажені колісні навантажувачі. Навантажувач із невеликим діаметром коліс і із жорсткими колесами при великих швидкостях руху передає на підлогу, що має хвилястість, значні динамічні навантаження, що руйнують її. Чим вище значення хвилястості, тим більше динамічне навантаження й, відповідно, руйнування підлоги [21, 39]. У зв'язку з великими площами приміщень, і, відповідно, великими обсягами робіт з улаштування високоміцних бетонних підлог, може утворюватися нахил усієї плити підлоги, не передбачений проектом (рис. 2.26). Для складських приміщень, зокрема, у яких точність і швидкість

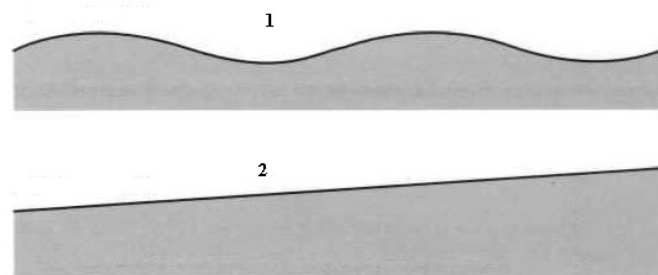


Рисунок 2.26 – Види дефектів рівності бетонної плити підлоги:

1 – нерівність підлоги у вигляді хвилястості; 2 – неправильний нахил підлоги

установки стелажного устаткування, а, відповідно, висока рівність підлоги має важливе значення, дане явище недопустимо [143, 144].

Слід врахувати, що необхідна сучасними нормами рівність поверхні забезпечується не стільки вібруванням, скільки цілим комплексом організаційно-технологічних рішень, серед яких помилковими є:

- передчасні механізовані затирання й загладжування, що приводять до утворення зайвої вологи на бетонній поверхні;

- «змолоджування» бетону (зволоження поверхні водою) для можливості механічної обробки його поверхні (змушене порушення технології, пов'язане з помилками в плануванні строків робіт характерне для ряду випадків – робота на пригріві, при сильних вітрах і протягах);

- відсутність або недостатність заходів щодо догляду за бетоном, що міцніє;

- використання в холодний час опалювальних приладів з відкритими нагрівальними елементами при відсутності діючих вентиляційних систем. Відкриті високотемпературні нагрівальні елементи спалюють кисень і приводять до тривалого високого змісту в повітрі вуглекислоти, що приводить до прогресування процесів карбонізації, що знижують міцність поверхневого шару бетону [34, 161].

Проведений аналіз свідчить про перманентність ситуації виникнення різноманітних дефектів і ушкоджень конструкцій підлог. Зазначена різноманітність свідчить про багатогранність підходів для вирішення проблеми якості при улаштуванні високоміцних бетонних підлог і забезпеченню їх функціональної придатності. Тому необхідна, на наш погляд, розробка науково обґрунтованих рішень з оптимізації організаційно-технологічних рішень улаштування конструкцій підлог у промислових і цивільних будівлях. Для досягнення даної мети необхідно:

- забезпечити об'єктивну оцінку фактичного технічного стану конструкцій підлог і на її основі прийняти адекватні проектні рішення улаштування підлог;

- забезпечити застосування високоякісних будівельних матеріалів і сучасних технологій;
- забезпечити неухильне дотримання прийнятої для того або іншого виду підлоги технології.

2.6 Аналіз існуючих методик оцінки якості робіт на прикладі складських будівель

Готова підлога повинна задовольняти декільком важливим вимогам: знепиленість, відсутність тріщин, рівність. При прийманні конструкцій підлог перевірка стану підлоги на предмет відсутності тріщин і знепиленості здійснюється візуально, для цього не має потреби в використанні спеціальних приладів і методик. Складніше оцінити рівність підлоги.

Як уже згадувалося в роботі, за кордоном бетонні підлоги з високими показниками рівності (так звані «надплоскі») улаштовуються протягом декількох десятиліть. В Україні їх почали улаштовувати зовсім недавно. Процес створення в країнах СНД такого виду підлог, на жаль, супроводжується відсутністю елементів нормативної бази, технологічного й вимірювального устаткування, досвіду роботи в цій області, що приводить до значних труднощів [61].

Сучасна складська будівля – ключова ланка в складному логістичному ланцюжку. Продуктивність складу прямо залежить від застосовуваних у ньому навантажувачів. Навантажувачі, що випускаються в цей час – складна техніка з комп'ютерним керуванням, швидкістю пересування по складу до 12 км/год., вантажопідйомністю до 2 т і висотою підйому вантажу до 16 м. Для безперебійної, довговічної й безаварійної роботи даної техніки її виробники висувають жорсткі вимоги до рівності підлог. Навіть невелика

нерівність підлоги, наявність нахилу або хвилястості призводить до значного горизонтального та вертикального відхилення вантажу на висоті (рис. 2.27).

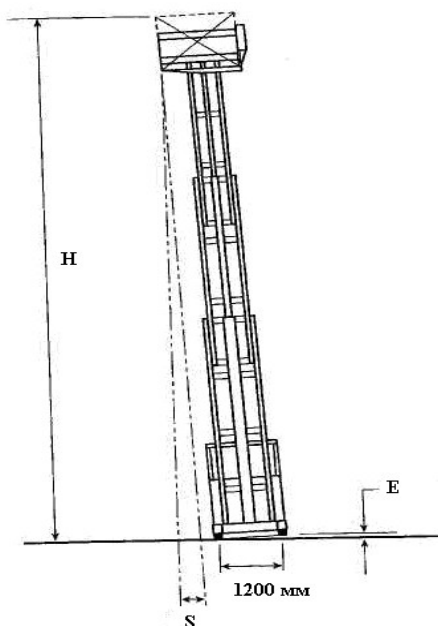


Рисунок 2.27 – Схема відхилення від вертикалі навантажувача, що рухається, з вантажем при наявності нерівності підлоги

Наприклад, при русі навантажувача з піднятим на висоту 10 м вантажем, нерівність підлоги в 3 мм приводить до відхилення вантажу від вертикалі на величину 25 мм. При цьому виникає також небезпечне розгойдування, при якому вантаж може впасти. Чисельні значення відхилення від вертикалі щогли підйомника [156] з вантажем починаються з 15 мм (вантаж на висоті 6 м, нерівність підлоги 3 мм) і досягають 130 мм (вантаж на висоті 13 м, нерівність підлоги 12 мм) і більш (табл. 2.5).

По закордонних нормах [161] надпоскі підлоги можуть бути одношаровими (бетонні підлоги) або двошаровими (бетонні підлоги зі зміцненим верхнім шаром).

Конструкції надпоских підлог діляться на дві групи. До першої відносяться підлоги, на яких заздалегідь визначені зони руху напільного транспорту. Це будівлі логістичних центрів, у яких використовуються вузькі проїзди й будівлі торгових центрів із системою багатоярусних стелажів.

Таблиця 2.5 – Значення відхилень щогли підйомника від вертикалі залежно від висоти підйому вантажу й величини нерівності підлоги

		Відхилення від вертикалі щогли підйомника S, мм									
		при нерівності підлоги хвилястого характеру E, мм									
		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
на висоті підйому вантажу Н, м	6	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
	7	18	23	29	35	41	47	53	58	64	70
	8	20	27	33	40	47	53	60	67	73	80
	9	23	30	39	45	53	60	68	75	83	90
	10	25	33	42	50	58	67	75	83	92	100
	11	28	37	46	55	64	73	83	92	101	110
	12	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
	13	33	43	54	65	76	87	98	106	119	130

Підлоги, що відносяться до другої групи, улаштовуються з можливістю руху напільного транспорту у всіх напрямках. Це будівлі кіно або телевізійних студій. Випадковий характер руху на цих об'єктах вимагає, щоб рівність підлоги у всіх напрямках була однаковою. Такі об'єкти досить специфічні й підлоги цієї групи зустрічаються рідше.

Для влаштування надплоских підлог необхідне дотримання наступних технологічних умов: захватки плит підлоги влаштовуються довгими смугами, шириною не більш 6 м; доставка бетону на об'єкт проводиться безперебійно у відповідність із щохвилинним графіком; передбачається строгий контроль якості надходжуваної бетонної суміші. Методи фінішної обробки, необхідні для одержання надплоскої підлоги, є самими високотехнологічними з виконуваних у цей час.

Для надплоских підлог з певними зонами руху напільного транспорту шви розміщуються поза зоною руху – звичайно в місцях примикання стелажів один до одного. Виміри показників рівності підлоги доцільно робити в місцях, що відповідають ширині бази транспортних засобів, які рухаються по ній. Для частин поверхні підлоги, розміщених під стійками стелажів, виміри не проводяться, і контроль може здійснюватися візуально.

При влаштуванні підлог другої групи для телевізійних або кіностудій (і аналогічних типів приміщень) уся площа підлоги зазнає вимірам по показнику рівності, тому що вся поверхня буде зазнати впливу транспорту.

За кордоном рівність підлоги є одним з основних вимог при її улаштуванні. У вітчизняних же нормах [56] регламентовані наступні загальні вимоги до готового покриття підлоги:

- відхилення поверхні покриття від площини при перевірці контрольною двометровою рейкою не повинні перевищувати 4 мм (для цементно-бетонних покриттів);

- відхилення від заданого нахилу покриттів – 0,2 % відповідного розміру приміщення, але не більш 50 мм (за даними показниками проводиться не менш дев'яти вимірів на кожні 50÷70 м² поверхні покриття або в одному приміщенні меншої площі);

- поверхні покриття не повинні мати вибоїн, тріщин, хвиль, здуттів, піднятих крайок (за цими показниками проводиться візуальний огляд).

Дані норми призначені для всіх типів будівель і в них відсутні чіткі вимоги до рівності підлог для складських комплексів. Наприклад, при вимірі рівності підлоги двометровою контрольною рейкою за показник відхилень приймається максимальне значення обмірюваного просвіту. При цьому кількість просвітів і напрямок укладання рейки не регламентується. На нашу думку, цей метод придатний для попередньої оцінки рівності підлоги й абсолютно непридатний для вимірів підлог з підвищеною рівністю. Наприклад, якщо на вимірюваній ділянці буде значна кількість таких просвітів, тобто буде мати місце хвилястість, то підлога буде вважатися рівною, хоча з погляду її експлуатації вона може бути зовсім непридатною.

Європейські стандарти [166] при оцінці рівності підлоги визначають перепади (різниця висот) між точками на відстані 0,3; 1; 2; 3 і 4 м. Регламентуються максимальні перепади між точками, розташованими як уздовж вісі руху навантажувачів, так і в напрямку, перпендикулярному йому. Така методика, безумовно, дозволяє одержати більш точну інформацію в

порівнянні з використанням двометрової рейки. При даному методі вимірів показників рівності підлоги використовується нівелір і геодезична рейка. Однак, на точність таких вимірів впливає безліч факторів: характеристики оптичного приладу (нівеліра), акуратність виконання робіт, дотримання вертикального положення вимірювальної рейки. Через 50÷60 м потрібна перестановка нівеліра, чим знижується точність вимірів.

Використання даного методу дозволяє заміряти 500÷600 м² підлоги в зміню двома фахівцями. Після чого отримані дані аналізуються ще протягом приблизно двох діб. При цьому, знов-таки, відбувається значне збільшення строків виконання робіт.

В 1970-80-х рр. у США, Англії, Франції й Німеччини були введені стандарти по класифікації поверхонь бетонних підлог, а також певні умови їх експлуатації, що визначають довговічність. Стандарти, розроблені American Society of Testing and Materials (ASTM), American Concrete Institute (ACI), British Standards (BS), Deutschland Institute fur Norman (DIN), ввели поділи на класи. Прикладами можуть бути класифікації згідно [161] для бетонних підлог, залежно від призначення приміщення, де рівність підлоги оцінюється двома показниками: Floor Flatness (FF) – показник хвилястості й Floor Levelness (FL) – показник горизонтальності (нахилу) (табл. 2.6) [161, 170].

Показник хвилястості підлоги FF обчислюється на підставі обробки даних, отриманих виміром оцінок точок із кроком 0,3 м. Представляючи профіль підлоги у вигляді хвиль, показник FF відображає не тільки абсолютну величину перепаду висот профілю підлоги, але і його частоту; FF також дає різні значення характеристик рівності підлоги з однієї або декількома хвилями такої ж амплітуди.

Показник горизонтальності (нахилу) підлоги FL обчислюється на підставі вимірів перепаду висот (оцінок) точок, що перебувають на відстані 3 м одна від одної та характеризує загальний нахил підлоги [174]. Дані показники заміряються протягом 24 годин після фінішної затірки кожної

захватки підлоги з метою оперативного виправлення дефектів при їх виявленні.

Таблиця 2.6 – Класифікація бетонних підлог по показниках рівності

№ пп.	Показник хвилястості FF	Показник площинності FL	Призначення приміщень	Стандартний клас
1	20	15	Показники хвилястості й площинності не є критичними факторами: підсобні приміщення, службові приміщення, поверхні плит під фальшпідлоги, підлоги під плитку, підлоги на паркуваннях	1 або 2
2	25	20	Плити підлог для покриття ковровіном в офісних будівлях, офіси й промислові приміщення з неінтенсивним рухом	2
3	35	25	Плити підлог під тонкошарові покриття або підлоги в складських будівлях з помірним або інтенсивним рухом	2,3,4,5,6,7 або 8
4	45	35	Складські будівлі зі стелажми, котки й ролердроми	9
5	>50	>50	Кіно- і телестудії	3 або 9

Для зменшення ризику при улаштуванні даних конструкцій підлог стандартною частиною виконання робіт є улаштування тестової захватки (або декількох). У даній ситуації тільки після приймання тестової захватки дозволяється виконання основного обсягу робіт.

Виміри проводяться за допомогою безупинно записуючого самохідного напільного приладу для виміру профілю (рис. 2.28), що є частиною цієї

методики. Дані прилади випускаються фірмою Allen Face і іншими компаніями.



Рисунок 2.28 – Прилад для виміру профілю підлоги фірми Allen Face

Даний прилад робить серії вимірів для виявлення западин і виступів на поверхні підлоги щодо умовного горизонтального рівня, рухаючись уздовж прямої лінії по всій поверхні підлоги. Виміри проводяться в поздовжньому й поперечному напрямках, покриваючи підлогу сіткою точок вимірів із кроком 0,3 м. Зібрані у такий спосіб дані обробляються електронікою приладу й готовий результат видається у вигляді значень FF і FL.

2.7 Висновки по розділу

1. На основі аналізу конструктивних і організаційно-технологічних рішень, застосовуваних при влаштуванні високоміцних бетонних підлог промислових і цивільних будівель, виявлені специфічні особливості виробництва даного виду робіт на об'єктах сучасного будівництва. Систематизовані домінантні особливості робіт, засновані на специфіці виконуваних процесів і обліку латентного впливу факторів різної природи.

2. Досліджена нормативна документація, що регламентує вимоги до матеріалів і методам влаштування високоміцних бетонних підлог, що дало

можливість визначити межі й насиченість проблемного поля нормативної бази. Виявлено, що в даний момент в Україні відсутній єдиний нормативний документ або система документів, що негативно впливає на комплексність рішень проблеми довговічності підлог.

3. Досліджені й згруповані ситуації імовірнісної відмови експлуатованих конструкцій високоміцних бетонних підлог і наслідків, до яких вони приводять. Сформована база сценаріїв виникнення й розвитку відмов.

4. Проведений аналіз існуючих методик оцінки якості робіт при влаштуванні високоміцних підлог на прикладі складських будівель, який дозволив зробити зв'язок між експлуатаційним ресурсом підлог і показниками їх рівності.

3 МЕТОДИКА ОЦІНКИ ЯКОСТІ РОБІТ ПРИ УЛАШТУВАННІ ВИСОКОМІЦНИХ БЕТОННИХ ПІДЛОГ

3.1 Дослідження впливу затиральних операцій на ранні стадії твердіння бетонної суміші

Як уже було відзначено в п. 2.5 даної роботи, поверхнева міцність і рівність бетонної плити підлоги є одними з факторів, що забезпечують її довговічність. Одним з найбільш важливих етапів технологічного процесу улаштування високоміцних бетонних підлог є механізована затірка бетонної поверхні. Її виконують після укладання й ущільнення бетонної суміші на захватці. Метою затиральних операцій є досягнення поверхневого ущільнення й одержання заданих параметрів рівності.

Характерною рисою затиральних операцій є те, що вони проводяться на ранній стадії твердіння бетонної суміші. Для влаштування рівних і міцних підлог промислових і цивільних будівель, площі яких досягають десятків тисяч квадратних метрів, велике значення має характер і швидкість набору міцності бетону.

Для організаційно-технологічних рішень затиральних робіт необхідне вивчення й прогнозування динаміки твердіння бетонної суміші аж до моменту схоплювання.

При проведенні затиральних робіт до моменту початку схоплювання бетонної суміші затиральна машина буде заглиблюватись в бетон, що приведе до деформації поверхні, утворення повітряних міхурів, що згодом приведе до відшарування верхнього шару [73, 118]. З іншого боку, при проведенні затиральних робіт з відповідною затримкою бракуватиме часу на виконання оздоблювальних робіт до моменту закінчення схоплювання бетонної суміші. Виконання оздоблювальних операцій після закінчення схоплювання бетонної суміші приводить до появи пилу й

відшаровуванню поверхні, зниженню її характеристик міцності, а сама поверхня стає непридатна до обробки.

Вплив різних факторів (температура навколишнього середовища, вологість, вітер, температура бетону та основи й ін.) не дозволяє емпірично визначити час початку затиральних робіт. Прийнято, що бетон можна затирати після зникнення водяного блиску на поверхні, коли він витримує стоячого робітника, а слід від його взуття має глибину не більш 6 мм (рис. 3.1) [161].



Рисунок 3.1 – Характерні відбитки сліду взуття робітника на бетонній поверхні як сигнал до початку затиральних робіт

Такий підхід, мабуть, не може служити підставою для прийняття рішень для початку виробництва затиральних робіт, враховуючи, що вага робітника, розмір взуття, рельєф підошви можуть варіюватися й виявляти на поверхню підлоги різний питомий тиск, і, відповідно, створювати різну глибину відбитка. Дані параметри не регламентовані в нормативній літературі, тому визначення моменту початку робіт є імовірнісним процесом.

На наш погляд, більш ефективним може бути пропонований метод визначення не тільки початку, але й закінчення затиральних робіт, що

дозволить приймати науково обґрунтовані організаційно-технологічні рішення. Про важливість даного питання говорить те, що в міжнародних вимогах до влаштування бетонних підлог введено поняття «вікно затірки», яке визначається як проміжок часу між початком і кінцем схоплювання бетонної суміші в прив'язці до значення опору penetрації [163, 171]. Силу, що доводиться на одиницю площі, створювану голкою, що витримується поверхнею тісту, називають опором penetрації [106].

Свіжевкладений бетон протягом деякого часу зберігає плинність. Початок втрати рухливості цементного тіста характеризується параметром «початок схоплювання». До цього моменту бетонна суміш може зазнати переміщення або інший механічний вплив без втрати міцності цементного каменю, що твердіє. Згодом утворюється простірна кристалічна структура, а будь-який вплив приводить до її руйнування й до втрати міцності. Момент створення такої структури із цементного тіста характеризується параметром «кінець схоплювання» [6, 11, 83].

Крива гідратації портландцементу (рис. 3.2) має S-Образну форму, яку можна умовно розбити на п'ять ділянок, що мають характеристики тривалості [79, 152]:

I – початкова взаємодія з водою, затворення (1÷2 хв);

II – індукційний період (близько 2 год з моменту затворення), характеризується тим, що бетонна суміш зберігає тиксотропні властивості протягом часу, достатнього для транспортування до місця проведення бетонних робіт;

III – період прискорення (близько 10 год з моменту затворення), характеризується тим, що цементне тісто «схоплюється» і здобуває початкову міцність;

IV – період уповільнення (близько 24 год з моменту затворення) характеризується тим, що бетон продовжує набирати міцність, при цьому визначаються інші фізичні властивості бетону;

V – період повільної взаємодії (від 24 год і до умовних 28 діб), характеризується набором проектної міцності бетону.

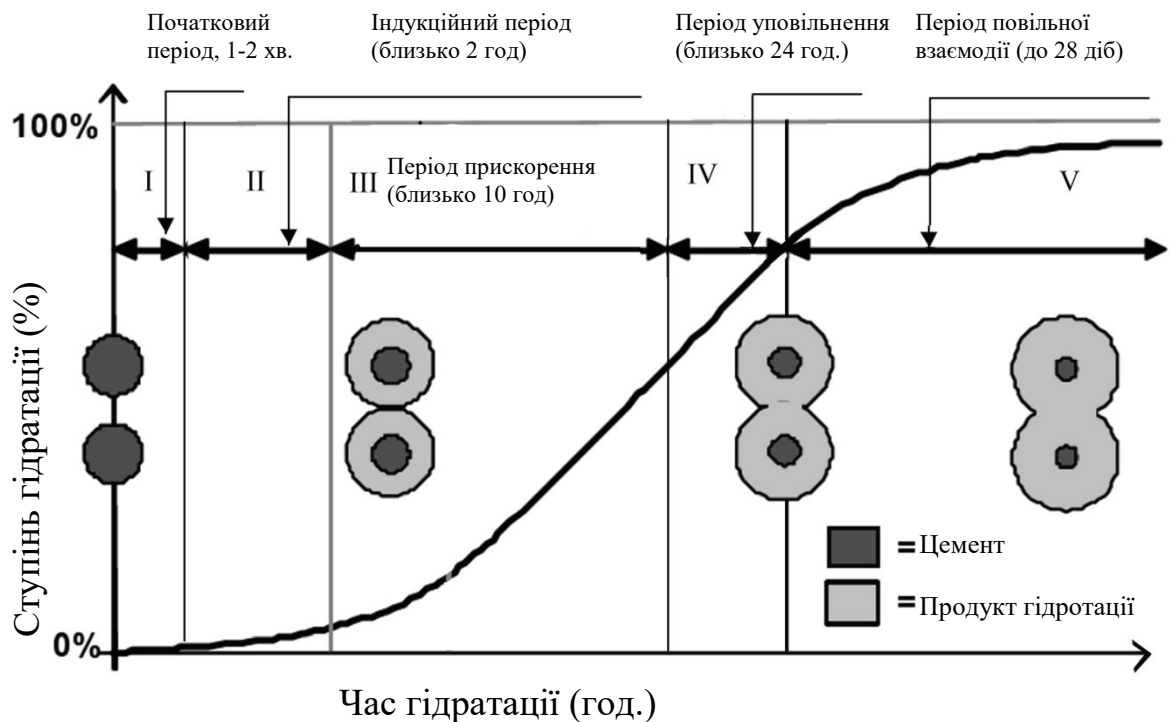


Рисунок 3.2 – Схематична крива розвитку процесу гідратації [152]

При улаштуванні високоміцних бетонних підлог, у першу чергу, актуальний період III, коли цементне тісто схоплюється й здобуває початкову міцність.

Слід зазначити, що дослідження в частині визначення часу початку й кінця схоплювання бетонної суміші, засновані на розрахунках ступеня гідратації цементного тіста, проводять регулярно [152]. Недоліки підходів криються в складності визначення ступеня гідратації, який залежить від безлічі факторів (температури бетону, температури основи, на яку він покладений, водоцементного співвідношення, температури навколишнього середовища і її вологості, швидкості вітру, тонкощі молоття цементу й ін.).

Сьогодні єдиної системної моделі, що описує кінетичну криву гідратації портландцементу, не існує. Однак, деякі ділянки стандартної кривої гідратації можуть бути описані з достатньою точністю математичними рівняннями [152].

Стандартною методикою передбачається вимір строків схоплювання цементного тіста нормальної щільності приладом Віка [137]. Початком схоплювання цементного тіста вважають час, що пройшов від початку затворення, до того моменту, коли голка не доходить до пластинки на $2 \div 4$ мм. Кінцем схоплювання цементного тіста вважають час від початку затворення до моменту, коли голка опускається в тісто не більш, ніж на $1 \div 2$ мм. Тут значення часу початку й кінця схоплювання, також як і значення нормальної щільності цементного тіста, обрані умовно, тому періоди часу характеризують лише проміжні етапи процесу твердіння, а не які-небудь параметри змін, що відбуваються в цементному тесті.

Даний метод не дозволяє оцінювати опір penetрації цементного тіста, не пов'язаний з динамікою процесу. Хоча, гіпотетично, у міру зростання значень опору penetрації бетонної суміші повинні проводитися й відповідні технологічні операції. Для затирання поверхні бетонної підлоги найбільш важливим вважається не час початку й кінця схоплювання цементного тіста, а оптимальний час для виробництва зтиральних операцій («вікно затирання»), які повинні бути прив'язані до динаміки процесу гідратації.

Слід зазначити, що даний підхід тісно перегукується з «принципом відповідності», запропонованим О.П. Мчедловим-Петросяном в 1958 році [79]. Технологічний процес характеризується комбінацією впливу факторів, що визначають кероване структуроутворення, підлеглих принципу відповідності - необхідності правильної комбінації часу, виду й інтенсивності прикладених зовнішніх впливів із протіканням процесу структуроутворення. Щоб даний принцип дотримувався, необхідно мати достовірну інформацію про кінетику фізико-хімічних процесів у будь-який момент часу [79]. У даній роботі проводяться дослідження, що дозволяють визначити оптимальний момент часу для виробництва технологічних операцій, враховуючи при цьому фізико-хімічні процеси, що протікають у бетонній суміші, що твердіє.

Встановлено, що найкращим моментом початку зтиральних робіт є час, що коли в'язуче бетонної суміші набирає значення опору penetрації,

дорівнює 3,4 МПа. Із цього часу суміш уже не можна піддавати ущільненню вібраторами, оскільки це приведе до необоротних ушкоджень структури, що формується. При опорі penetрації, рівному 27,6 МПа бетон досягає міцності на стиск близько 0,6 МПа й може витримувати деякі незначні навантаження [152, 163, 171]. Цей момент часу є граничним для закінчення процесу затирання (рис. 3.3).

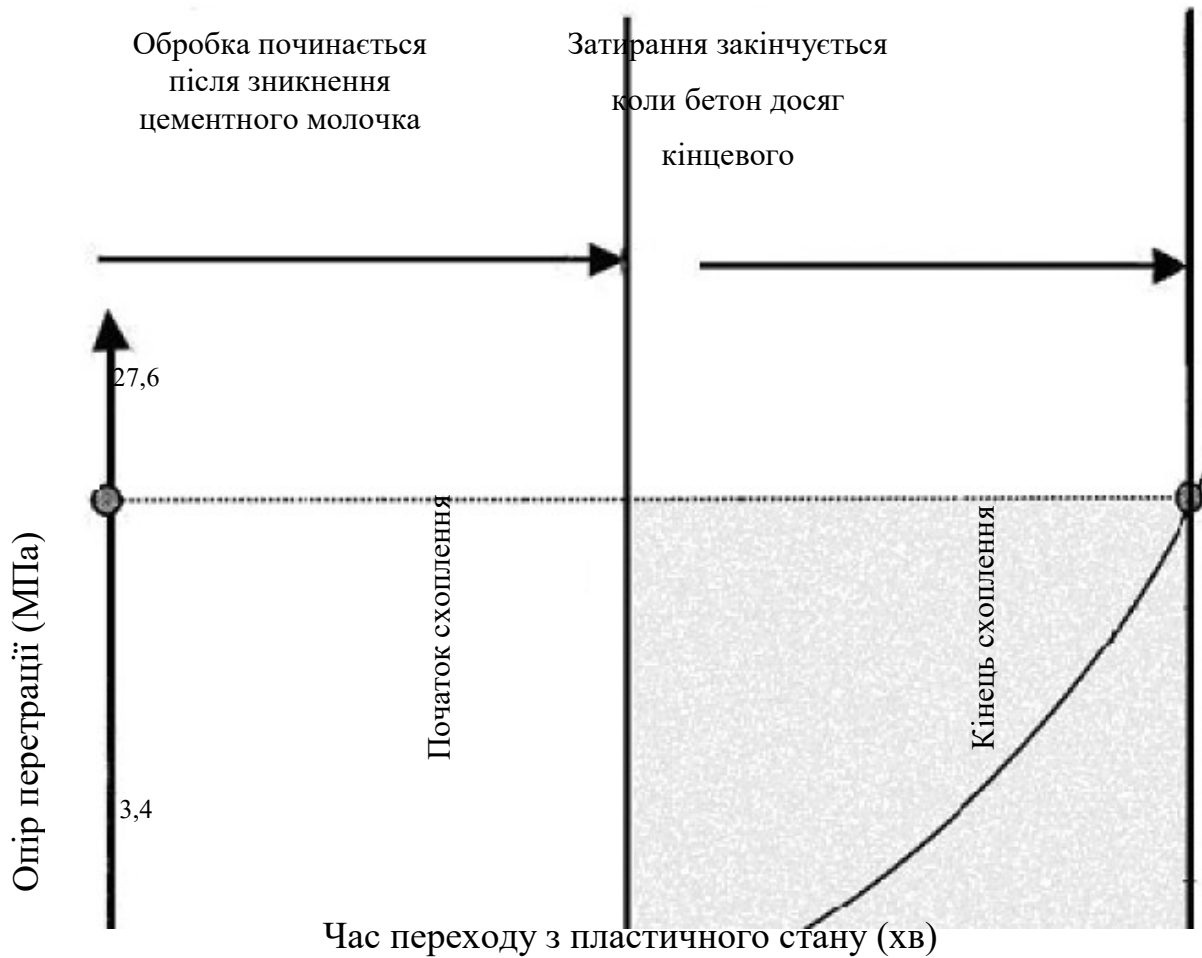


Рисунок 3.3 – Етапи влаштування бетонної підлоги в залежності від часу й значень опору penetрації [163]

Дослідження закордонних вчених, які в подальшому покладені в основу стандартів [166] показали, що характер набору міцності бетоном на ранній стадії твердіння (у цьому випадку, період III, рис. 3.2) описується рівнянням ступеневого вигляду [83, 171]:

$$p = a \times t^b, \quad (3.1)$$

де p – величина опору пенетрації, МПа;

t – час після початку затворення, хв;

a і b – коефіцієнти регресії.

Дане рівняння малоприматне для практичного застосування, однак, якщо його перетворити, то можна одержати значення тривалості «вікна затирання» стосовно до конкретно використовуваної бетонної суміші.

Для визначення значень коефіцієнтів регресії a і b проводиться лінеаризація зазначеної функції шляхом логарифмування лівої й правої її частин:

$$\log p = \log a + b \times \log t. \quad (3.2)$$

Прийmemo що: $A = \log a$, $T = \log t$, $P = \log p$, тоді $P = A + b \times T$.

Зробивши перетворення, одержимо $\log P = a + b \log t$ або

$$\log t = \frac{\text{Log}p - a}{b}. \quad (3.3)$$

Параметр t знайдемо шляхом потенціювання виразу (3.3)

$$t = 10^{\frac{\text{Log}p - a}{b}}. \quad (3.4)$$

Тривалість «вікна затирання» визначається як різниця між значеннями закінчення й початку затиральних робіт.

$$T_{o.z.} = t_{o.p.} - t_{н.p.}, \quad (3.5)$$

де $T_{o.z.}$ – тривалість вікна затірки;

$t_{o.p.}$ – час закінчення затиральних робіт;

$t_{n.p.}$ – час початку затиральних робіт.

Як уже було згадано, до затиральних робіт слід приступати тоді, коли значення опору пенетрації в'язучого бетонної суміші досягає 3,4 МПа, а закінчувати – при 27,6 МПа. Обчисливши десяткові логарифми цих величин, і підставивши в рівняння (3.5) одержимо:

$$T_{o.z.} = 10^{\frac{1.441 - a}{b}} - 10^{\frac{0.531 - a}{b}} \quad (3.6)$$

Шляхом математичних перетворень приведемо дане рівняння до зручного для застосування вигляду:

$$T_{o.z.} = \frac{1}{10^{\frac{a}{b}}} (10^{\frac{1.441}{b}} - 10^{\frac{0.531}{b}}) \quad (3.7)$$

Невідомими рівняння (3.7) є коефіцієнти регресії a і b , які можна визначити з даних, одержуваних від вимірів опору пенетрації застосовуваного на об'єкті бетону.

Складається таблиця значень опору пенетрації в часі, до неї ж вносяться десяткові логарифми обчислюваних величин. Як приклад приведемо дані випробувань бетонної суміші (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Вихідні дані для математичного моделювання

№ пп.	Опір пенетрації p , МПа	Час набору t , хв	$\log(p)$, Y	$\log(t)$ X
1	0.5	200	-0.301	2.301
2	0.7	215	-0.079	2.362
3	1.2	230	0.342	2.415
4	1.8	245	0.756	2.462
5	2.4	260	0.826	2.505
6	3.3	275	0.982	2.525
7	14.4	350	1.158	2.544
8	18.3	365	1.262	2.562
9	25.1	380	1.4	2.58
10	28.2	395	1.45	2.597

Дані табл. 3.1 обробляються за допомогою комп'ютерної програми MathCAD 14, та знаходяться коефіцієнти регресії.

Для даного випадку $a = -13,954$, $b = 5,935$.

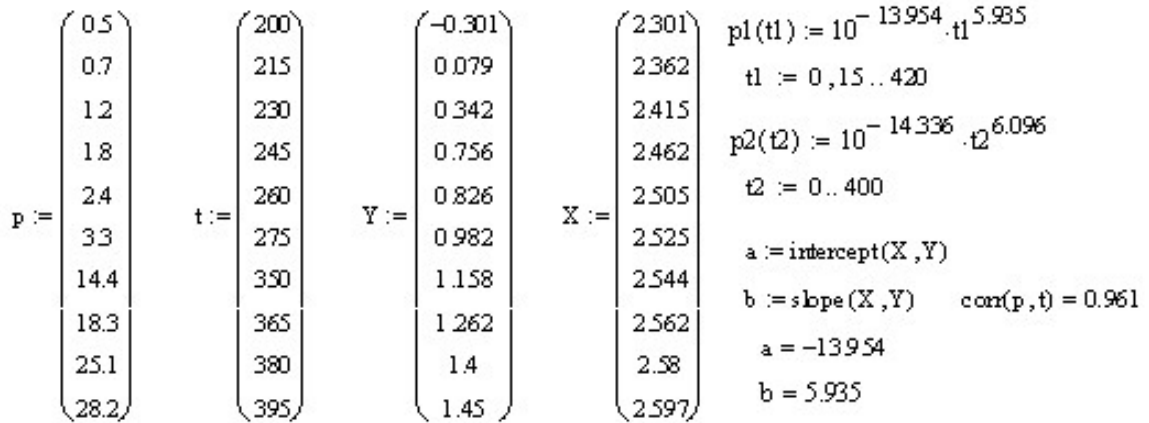


Рисунок 3.4 - Обчислення для побудови графіка апроксимації

Графічна інтерпретація залежності опору penetрації P від часу t наведена на рис. 3.5 (апроксимація проведена по програмному комплексу).

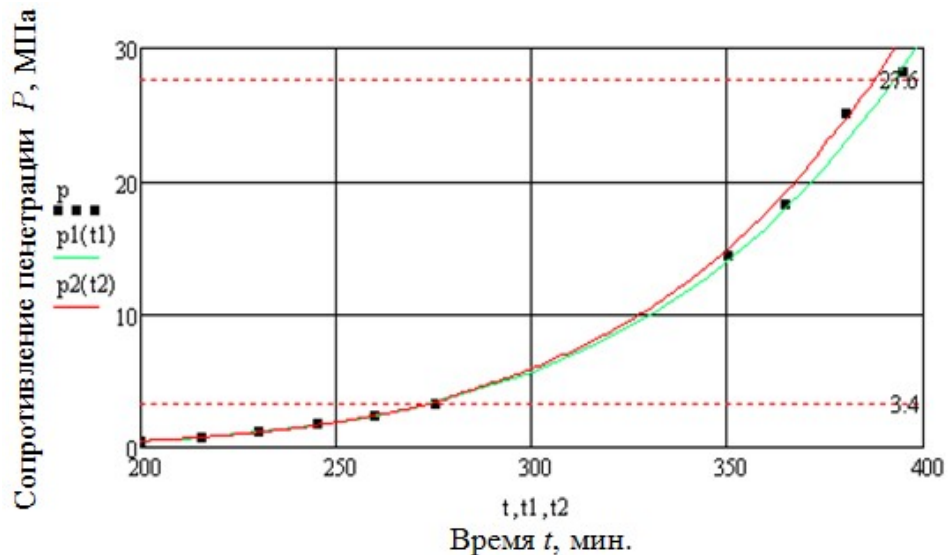


Рисунок 3.5 – Графіки залежності наростання опору penetрації P бетонної суміші від часу t :

p – 10 експериментальних точок; $p1(t1)$ – апроксимація 10 експериментально отриманих точок; $p2(t2)$ – графік, побудований по 6 початковим точкам і екстрапольований до 27,6 МПа

Для прийняття організаційно-технологічних рішень на об'єкті важливим є прогнозування часу закінчення затиральних робіт. У даній роботі встановлено, що якщо за допомогою приладу, що вимірює опір пенетрації розчинної частини бетонної суміші на будівельному майданчику, зробити виміри на початковій стадії твердіння й одержати кілька точок, то по них можна за допомогою комп'ютерної програми MathCAD 14 знайти коефіцієнти регресії. Будується крива залежності ступеня пенетрації від часу, потім ця крива апроксимується до значення 27,6 МПа й виходить час закінчення затиральних робіт.

Дане питання дуже актуальне у зв'язку з тим, що на об'єкті будівництва з моменту укладання бетонної суміші на захватці можуть змінитися ряд параметрів зовнішнього середовища, наприклад, швидкість вітру або температура.

Процес прогнозування наростання опору пенетрації бетонної суміші по шести початковим точкам показаний на рис. 3.6.

$$\begin{array}{l}
 X := \begin{pmatrix} 2.301 \\ 2.332 \\ 2.362 \\ 2.389 \\ 2.415 \\ 2.439 \end{pmatrix} \\
 Y := \begin{pmatrix} -0.301 \\ -0.155 \\ 0.079 \\ 0.255 \\ 0.38 \\ 0.519 \end{pmatrix}
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{l}
 a := \text{intercept}(X, Y) \quad b := \text{slope}(X, Y) \\
 y(x) := a + b \cdot x \quad x := 0, 0.1.. 10 \\
 a = -14.336 \quad b = 6.096
 \end{array}$$

Рисунок 3.6 – Прогнозування наростання опору пенетрації по 6 початкових точках

З рис. 3.7 видно, що збіг прогнозованого графіка й графіка, апроксимованого за експериментальними точками, досить близький.

$$t_0 = t_k - t_n = 386 \text{ мин} - 275 \text{ мин} = 111 \text{ хв.}$$

Таким чином, різниця між прогнозним графіком $p1(t1)$ (рис. 3.7) і графіком, побудованим по всіх експериментальним точкам $p(t)$, становить 4 хв, що є допустимим в умовах будівництва.

Отримане значення «вікна затирання» у цьому випадку становить 1 годину 51 хв, і для проведення якісних затиральних операцій необхідні організаційно-технологічні рішення, що забезпечують тривалість робіт із затирання поверхні не більш отриманої з розрахунку.

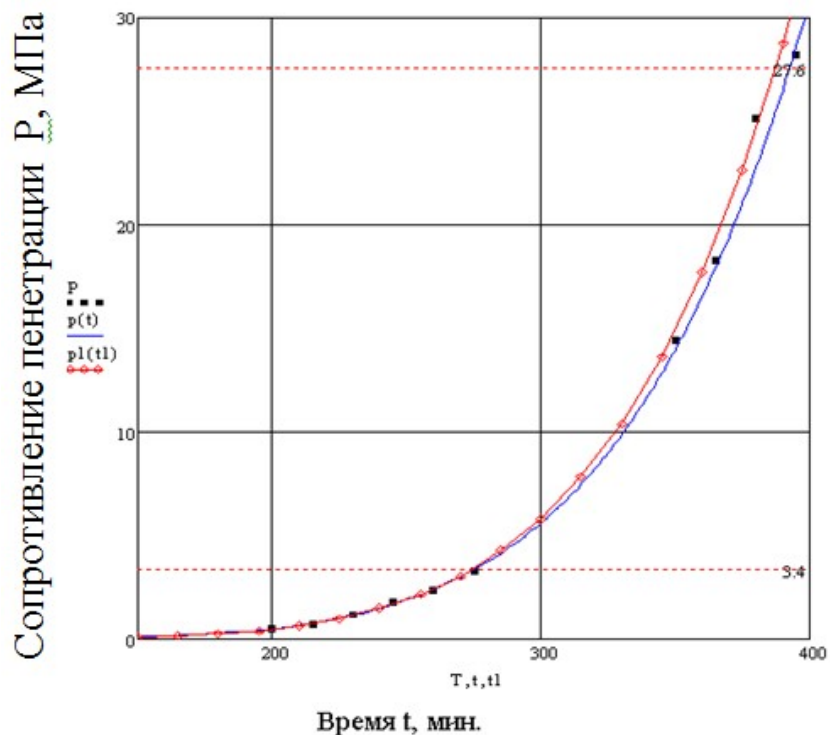


Рисунок 3.7 – Графіки залежності наростання опору penetрації P розчинної частини бетонної суміші від часу t :

P – 10 експериментальних точок; $p(t)$ – апроксимація 10 експериментально отриманих точок; $p1(t1)$ – графік, побудований по 6 початковим точкам і екстрапольований до 27,6 МПа

На основі згаданого методу була зроблена спроба спростити виконання завдання одержання даних про початок і кінець схоплювання бетонної суміші. Для цієї мети були проведені експериментальні дослідження, що дозволяють визначити значення тривалості «вікна затирання». Експериментальні дослідження проводилися в лабораторних умовах.

Випробуванню зазнали зразки бетону класу В25. Склад бетону: щебінь фракції 5÷20 мм, пісок намивної кар'єрний (фракції не регламентовані). В/Ц=0,5. В'язуче – портландцемент марки ЦЕМ 1-500-Н (ПАО «Євроцемент-Україна», м. Балаклея). За даними виробника час схоплювання цементного в'язкого в стандартних умовах (обмірюване по приладу Віка) становить близько 2 годин.

Зразки для випробувань готувалися шляхом мокрого просівання бетонної суміші через сито із розміром ячейки 5 мм на водонепроникний піддон, з якого потім завантажувалися у жорсткі водонепроникні форми (діаметром 150 мм і висотою 160 мм).

Було зроблене штикування суміші зразка трамбувальним стрижнем діаметром 16 мм і довжиною 150 мм із напівсферичною кінцівкою, для ущільнення суміші й видалення повітря. Штикування проводилося один раз по всьому перетину зразка. Цементне молочко з поверхні зразка видалялося за допомогою медичної спринцівки, для полегшення збору рідини зразок нахилився (близько 10 градусів) до горизонталі.

Зразки зазнали випробуванням при різній температурі навколишнього середовища.

Під час проведення досліджень нами був розроблений і виготовлений лабораторний стенд для проведення випробувань (рис. 3.8). У якості вимірювального приладу використовувався пенетрометр шведської фірми Humbolt H-4132 з діапазоном вимірів 0÷50 кг/см² з паспортною похибкою ± 1%.

Для визначення моменту закінчення схоплювання бетонної суміші, що дорівнює 27,6 МПа, був розроблений пристрій до лабораторного стенда для розширення діапазону вимірів пластичної міцності до 300 кг/см^2 (рис. 3.9).



Рисунок 3.8 – Лабораторний стенд для виміру пластичної міцності бетонної суміші до 50 кг/см^2 :

- 1 – пенетрометр моделі Н-4132 фірми Humbolt;
- 2 – пересувна каретка;
- 3 – напрямна для переміщення каретки з пенетрометром;
- 4 – ручка для переміщення каретки з пенетрометром;
- 5 – стрижень пенетрометра;
- 6 – затискач пенетрометра в каретці;
- 7 – дослідний розчин;
- 8 – ємність для дослідного розчину;
- 9 – ємність для збирання цементного молочка;

10 – шпатель; 11 – стрижень; 12 – піпетка для збирання цементного молочка з поверхні розчинної частини бетонної суміші



Рисунок 3.9 – Лабораторний стенд для виміру пластичної міцності бетонної суміші із пристроєм для розширення діапазону вимірів до 300 кг/см^2

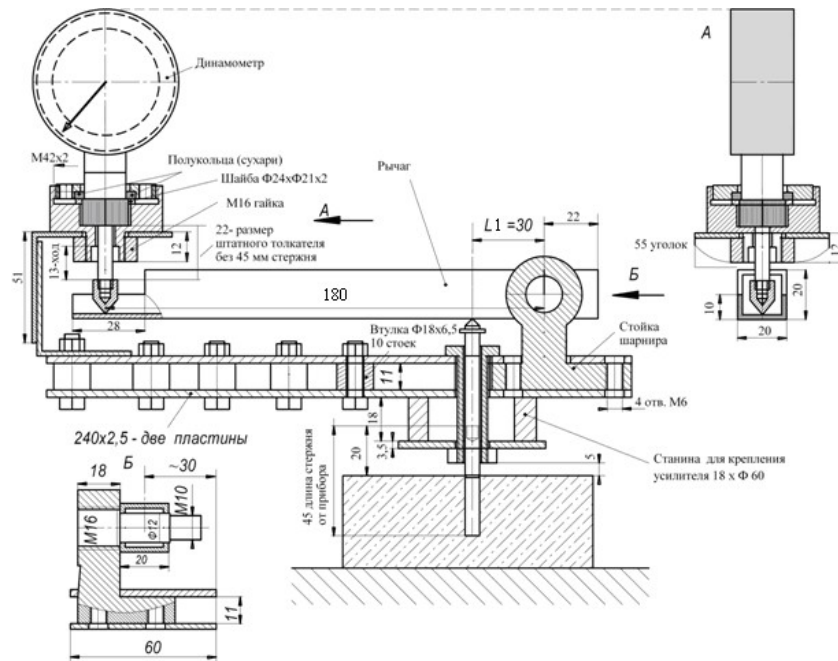


Рисунок 3.10 – Схема пристрою для розширення діапазону вимірів пенетрації

Похибка пристосування визначалася за похибкою пенетрометра та геометричних розмірів важеля (рис. 3.10).

Довжина плечей важеля, що передає зусилля від стрижня, що входить у бетонну суміш $L_1 = 30$ мм, $L_2 = 180$ мм. Таким чином, коефіцієнт передачі важеля $K = 6$. Плечі важеля виставлені з похибкою $\pm 0,05$ мм.

Загальна похибка пристосування становить:

$$\Delta_{np.} = 1,2\sqrt{\Delta_n^2 + \Delta_p^2} = 5\% , \quad (3.8)$$

де $\Delta_{np.}$ – похибка пристосування;

Δ_n – похибка пенетрометра;

Δ_p – похибка важеля.

Випробуванням зазнали зразки в лабораторних умовах при різних температурах навколишнього середовища. Вимір температури проводився сертифікованим термометром з діапазоном вимірів $10 \div 50$ °С с похибкою $\pm 2\%$, вологість повітря вимірялася гігрометром. Час вимірявся електронним побутовим годинником.

$$\Delta_{np.} = 1,2\sqrt{\Delta_n^2 + \Delta_p^2} = 5\% , \quad (3.8)$$

где $\Delta_{np.}$ – погрешность приспособления;

Δ_n – погрешность пенетрометра;

Δ_p – погрешность рычага.

Проводилося три виміри одного зразка при однакових вологісних і температурних умовах. Крім того, обчислювалося середнє значення за результатами трьох вимірів.

Стрижень пенетрометра (площа $0,316$ мм²) поступово й рівномірно під дією зусилля, створюваного рукояткою каретки стенда вводився в зразок і поринав у нього до позначки, нанесеної на стрижні. Глибина занурення $25 \pm 0,05$ мм. Час занурення на цю глибину становив 10 ± 2 с.

Проміжки часу між наступними зануреннями стрижня становили 15÷30 хв. Після кожного випробування стрижень витирався насухо. Відстань у світлі між відбитками стрижня було не менш 15 мм. Відстань у світлі між будь-якими відбитками й стінкою контейнера – не менш 25 мм.

Отримані результати вимірів опору penetрації зразків переводилися із кг/см² у МПа, середні значення вносилися в таблицю, туди ж внесені й розрахункові значення логарифмів penetрації й часу (табл. 3.1). Вологість

Таблиця 3.2 – Результати вимірів опору penetрації залежно від часу при температурі $25 \pm 0,5$ °С

№ пп.	Опір penetрації P , МПа	Час набору t , хв.	$\log(P)$	$\log(t)$
1	0.45	260	-0.317	2.415
2	1.0	275	0	2.439
3	1.7	290	0.23	2.462
4	2.8	305	0.447	2.484
5	5	320	0.699	2.505
6	8.5	335	0.929	2.525
7	14	350	1.146	2.544
8	19	365	1.279	2.562
9	25	380	1.398	2.59
10	29.5	390	1.47	2.597

Таблиця 3.3 – Результати вимірів опору penetрації залежно від часу при температурі $20 \pm 0,5$ °С

№ пп.	Опір penetрації P , МПа	Час набору t , хв.	$\log(P)$	$\log(t)$
1	0.1	200	-1	2.301
2	0.15	210	-0.824	2.322
3	0.4	240	-0.398	2.38
4	0.8	270	-0.097	2.431
5	1.8	300	0.255	2.477
6	3.1	330	0.491	2.519
7	6.4	360	0.806	2.556
8	11.3	390	1.053	2.591
9	22.1	430	1.344	2.633
10	28.2	440	1.45	2.643

повітря в приміщенні лабораторії коливалася в межах 50÷70%. Випробування зразків зроблені при температурах навколишнього середовища 17 °С, 20 °С,

25 °С с точністю вимірів +/- 0,5 °С, а результати випробувань занесені в таблиці (табл. 3.2-3.4).

Таблиця 3.4 – Результати вимірів опору penetрації залежно від часу при температурі $17 \pm 0,5$ °С

№ пп.	Опір penetрації P , МПа	Час набору t , хв.	$\log(P)$	$\log(t)$
1	0.56	270	-0.252	2.431
2	0.78	300	-0.108	2.477
3	2	330	0.301	2.519
4	3.4	360	0.531	2.556
5	5.8	390	0.763	2.591
6	9.7	420	0.987	2.623
7	14.5	450	1.161	2.653
8	20	480	1.301	2.681
9	25	510	1.398	2.708
10	30	540	1.477	2.732

3.2 Висновки по розділу

1. У результаті аналізу експериментальних досліджень процесу наростання опору penetрації бетонної суміші при улаштуванні високоміцних підлог на спеціально розробленому стенді визначений оптимальний час для початку й закінчення затиральних операцій («вікно затирання»). Встановлено, що починати механізовані затиральні роботи необхідно, коли в'яжуче бетонної суміші набирає опір penetрації в 3,4 МПа, а закінчувати – при опорі penetрації в 27,6 МПа. Для розширення діапазону вимірів опору penetрації бетону до 300 кг/см² розроблений пристрій, на основі застосування якого отримані графіки залежності наростання опору penetрації бетону від часу у всьому діапазоні процесу твердіння.

4 Визначені залежності тривалості «вікна затірки» від температури навколишнього середовища при виконанні затиральних робіт, на підставі яких, зокрема, був установлений інтенсивний вплив збільшення температури навколишнього середовища від 17 °С до 25 °С на тривалість «вікна затирання» – вона зменшується більш ніж у два рази, що повинне враховуватися при проектуванні організаційно-технологічних рішень.

4 РОЗРОБКА ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ, ЩО ПІДВИЩУЮТЬ ЕФЕКТИВНІСТЬ УЛАШТУВАННЯ ВИСОКОМІЦНИХ БЕТОННИХ ПІДЛОГ

4.1. Застосування методу 3 D-моделювання для вдосконалювання технологічних процесів

Візуалізація є одним зі способів одержання інформації про об'єкт. Сьогоднішній високий рівень графічних комп'ютерних технологій дає можливість візуалізації отриманої інформації. Зокрема, 3 D-графіка дозволяє представити об'єкт у доступному для вивчення вигляді. Тривимірне моделювання ефективно використовується в інженерній сфері (автомобіле- і машинобудування), архітектурному проектуванні, дизайні. 3 D-моделювання дозволяє створювати фотореалістичні зображення будь-яких об'єктів, у тому числі техніки, приміщень, поверхонь, побачити, як буде виглядати готовий об'єкт ще на стадії проектування.

З метою підвищення якості робіт удосконалюються й методи контролю процесів улаштування високоміцних підлог з підвищеною рівністю. Аналіз показав, що існуючі сьогодні результати досліджень не допускають застосування комп'ютерного 3 D-моделювання поверхні підлоги на етапі виконання затиральних операцій.

Як з'ясувалося, поверхня бетонної підлоги являє собою геометрично складний об'єкт. Якщо одержати з даного об'єкта ряд параметрів, наприклад, перепад оцінок мережі точок, то в тривимірному просторі можна створити модель поверхні підлоги. Змінюючи масштаб і розглядаючи модель під різними кутами, можна побачити дефектні місця й скорегувати технологію затиральних робіт. У ході досліджень було з'ясовано, що 3 D-моделювання поверхні доцільно застосовувати після виконання пробної захватки підлоги.

У даній роботі оцінки h кожної точки поверхні підлоги нами визначені щодо умовного горизонтальної лінії, виконані розрахунки арифметичної різниці між сусідніми оцінками вимірів точок поверхні підлоги (табл. 4.1).

Таблиця 4.1 - Дані арифметичної різниці оцінок сусідніх вимірів точок

Лінії вимірів						
Точка	1	2	3	4	5	6
q_0	0.635	-1.499	-1.753	-0.229	1.575	0.635
q_1	-0.102	-1.549	0.432	1.651	-0.457	-0.711
q_2	-0.381	-0.914	-0.559	-2.667	0.483	0.584
q_3	-1.956	2.565	0.076	0.127	-0.813	-0.737
q_4	-0.457	-1.549	1.270	1.219	1.194	-0.279
q_5	1.448	1.422	-0.381	0.610	-1.651	0.686
q_6	0.610	-0.711	0.356	-1.753	2.032	-1.829
q_7	-1.854	-0.610	-1.372	1.880	-0.635	1.016
q_8	-0.787	0.000	-0.279	-1.067	-0.889	0.610
q_9	1.118	1.067	0.965	-2.667	-1.016	-2.743
q_{10}	-1.880	-2.921	-2.032	3.581	0.457	0.610
q_{11}	-1.448	2.565	-0.025	-2.565	0.533	
q_{12}		-2.413			-1.422	

Моделювання поверхні по мережі точок проводилося за допомогою програми «Компас-3D V13». Отримані тривимірні моделі поверхні підлоги з різними масштабами координати Z при однаковому значенні координат X и Y наведені на рис. 4.1.

Якщо повернути модель у площині XU (рис. 4.1, б, г) то можна побачити світлі й темні місця на поверхні моделі. Світлі місця відображають підвищення щодо необхідного (умовного) обр'ю, а темні - западини. Модель демонструє, як западини й підвищення утворюють борозни, розташовані під кутом до крайки ділянки підлоги.

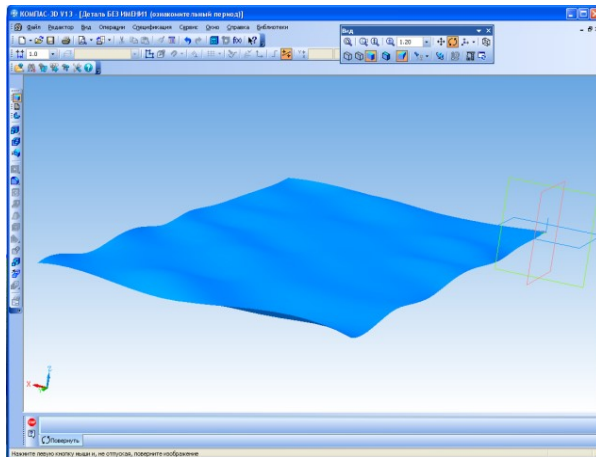
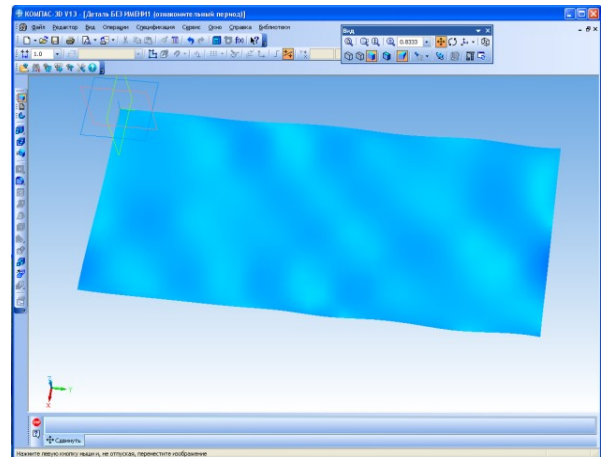
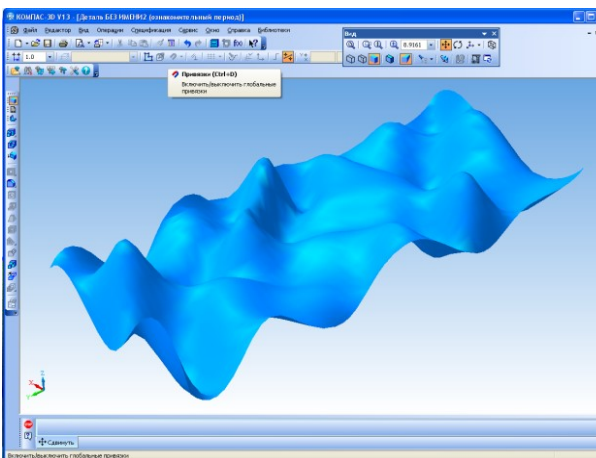
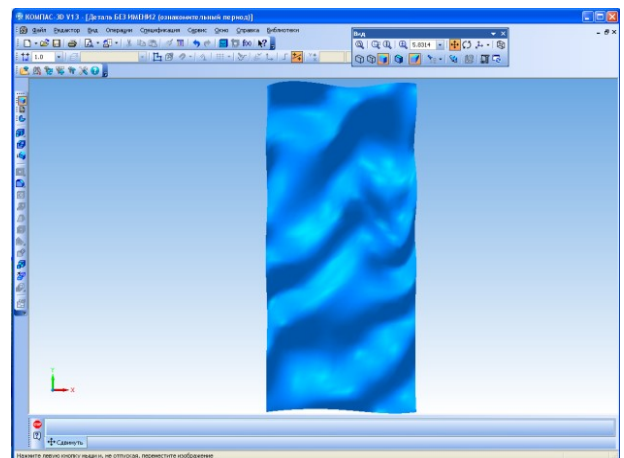
*a**б**в**г*

Рисунок 4.1 – Тривимірні моделі поверхні підлоги:

a, б – моделі поверхні підлоги, побудовані в реальному масштабі;

в, г – моделі поверхні підлоги, збільшені в масштабі по вісі *Z* в 10 раз.

При накладенні координатної сітки можна визначити, що борозни досягають ширини $0,4 \div 0,8$ м, відхилення ж від обрису западин і підвищень досягають 4 мм. Виміри показників якості робіт проводяться протягом доби після фінішного затирання кожної захватки підлоги. Таким чином, можна визначити ділянки підлоги для виконання додаткового проходження затираючих машин.

4.2 Вдосконалювання технологічних операцій обробки поверхні високоміцних бетонних підлог

Однією з найбільш важливих частин технологічного процесу влаштування підлог є обробка бетонної поверхні.

У результаті аналізу досліджень ряду вчених [73, 118], а також результатів дослідження методу 3 D-моделювання встановлено, що застосування механічних затиральних машин приводить до виникнення дефектів у вигляді хвилястості (рис. 4.2 – 4.5). Тому, на нашу думку, доцільно застосовувати додаткові технологічні операції, пов'язані з використанням різних інструментів для розгладжування поверхні.



Рисунок 4.2 – Поверхня підлоги після проходу однороторної затиральної машини: виникнення хвилястості підлоги



Рисунок 4.3 – Поверхня підлоги після проходу однороторної затиральної машини: виникнення хвилястості підлоги й напливів



Рисунок 4.4 – Поверхня підлоги після проходу двороторної затиральної машини: виникнення хвилястості підлоги

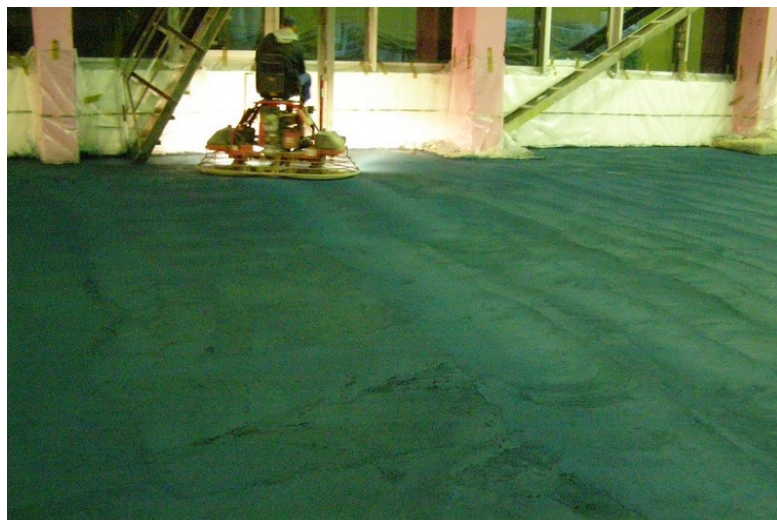


Рисунок 4.5 – Поверхня підлоги після проходу двороторної затиральної машини: виникнення хвилястості підлоги й напливів

З метою вдосконалювання технології обробки поверхні високоміцних бетонних підлог, що сприяє підвищенню показників рівності необхідно було провести порівняння традиційної й запропонованої технологій, запропонувати схеми виконання технологічних операцій з розрівнювання бетонної суміші гладилкою на довгій ручці, гладилкою для зрізання нерівностей і з затирання бетонної поверхні.

При аналізі, з'ясувалося, що традиційно використовується розповсюджена послідовність технологічних операцій (рис. 4.6).

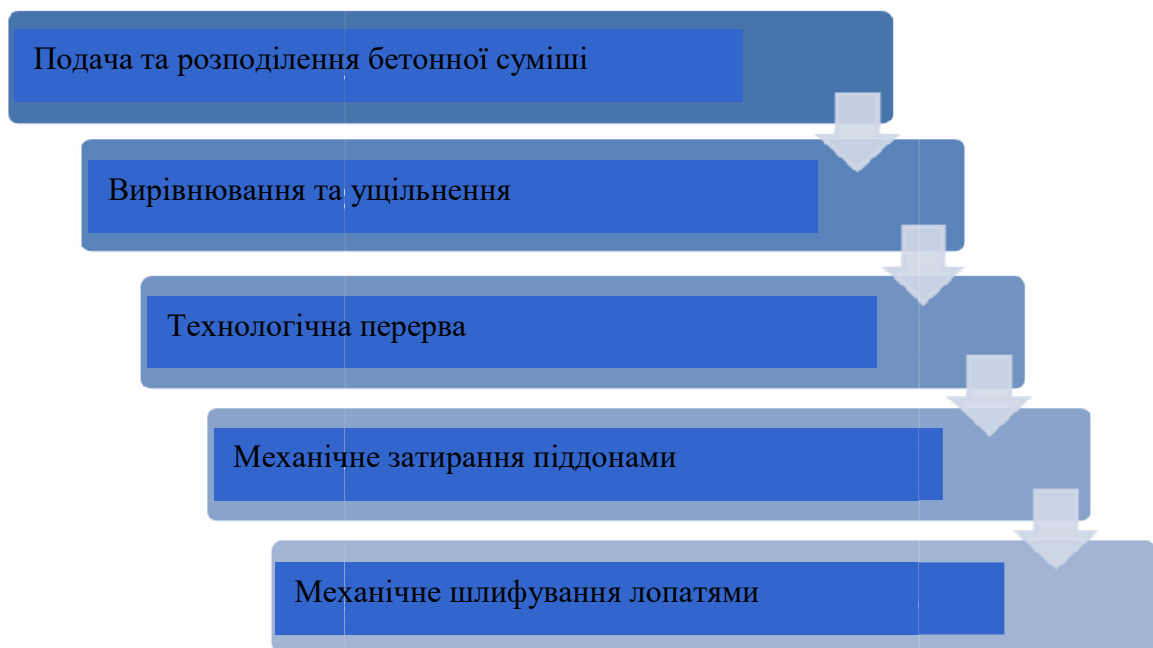


Рисунок 4.6 – Традиційна послідовність виконання технологічних операцій при обробці бетонної підлоги

Була запропонована нова схема виконання технологічних операцій, що забезпечує одержання необхідних параметрів якості (рис. 4.7).

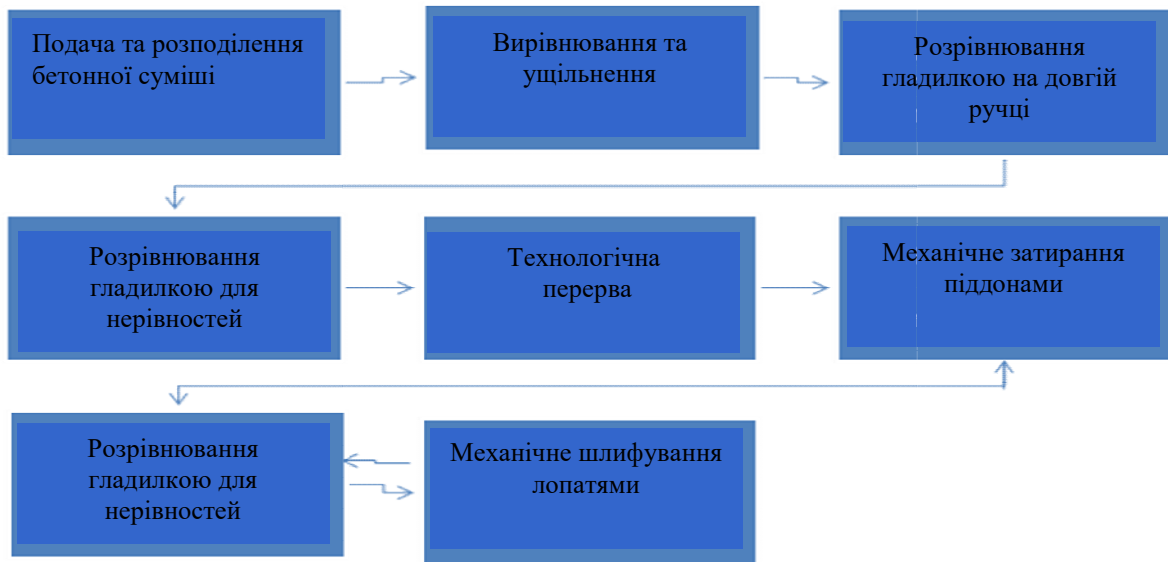


Рисунок 4.7 – Пропонована схема виконання технологічних операцій з обробці бетонної підлоги

Порівняння даних двох варіантів дає можливість визначити основні відмінності традиційної й пропонованої схем виконання робіт (табл. 4.2).

Таблиця 4.2 – Порівняння традиційної й пропонованої технологічних схем виконання робіт

№ пп.	Найменування технологічної операції	Традиційна схема виконання	Пропонована схема виконання
1	2	3	4
1	Розподіл бетонної суміші після подачі	Вибір інструмента не регламентується	Виконується за допомогою гладилок або совкових лопат на короткій ручці
2	Вирівнювання й ущільнення бетонної суміші віброрейкою	Застосовуються глибинні вібратори, віброрейки, ручний інструмент. Кількість проходів не регламентована.	Виконується тільки за допомогою віброрейки. Здійснюється мінімум в 2 проходу.
3	Розрівнювання гладилкою	Не застосовується	Використовуються широкі гладилки на ручці довжиною 2,4÷3 м
4	Розрівнювання гладилкою для зрізання нерівностей бетонної суміші	Не застосовується	Використовуються гладилки для зрізання нерівностей бетонної суміші із шириною захвата 3 м.

Продовження табл. 4.2

1	2	3	4
5	Технологічна перерва (ТП)	Тривалість ТП визначається візуально й по відбитковій сліді взуття, який може становити 4÷6 мм у глибину.	Тривалість ТП визначається значенням опору penetрації бетону (3,4 МПа), що відповідає початку схоплювання бетонної суміші. Використовується пенетрометр для визначення опору penetрації бетону. Використовується метод прогнозування початку й кінця схоплювання бетонної суміші
6	Механічна затирка із прикріпленими піддонами (дисками)	Застосовуються різні бетонообробні машини. Схема проходів бетонообробних машин не регламентується.	Застосовуються різні бетонообробні машини. Кожна прохід виконується перпендикулярно попередньому й чергується з роботою гладилки для зрізання нерівностей.
7	Робота гладилкою для зрізання нерівностей бетонної суміші	Не застосовується	Використовуються гладилки для зрізання нерівностей бетонної суміші шириною 3 м.
8	Механічне шліфування бетону лопатами	Виконується затирочною машиною зі знятими піддонами. Кількість проходів і їх напрямок не регламентується. Контроль рівності готової поверхні проводиться за допомогою двометрової рейки.	Виконується затирочною машиною зі знятими піддонами. Кожен прохід виконується перпендикулярно попередньому. Виконується змінна робота гладилкою для зрізання нерівностей з одночасним додатковим шліфуванням. Контроль рівності поверхні проводиться приладом для виміру хвилястості й рівності бетонної підлоги.

При деталюванні рішень за пропонованою технологією необхідно враховувати наступні немаловажні особливості.

Розподіл бетонної суміші після подачі проводиться за допомогою гладилок або совкових лопат на короткій ручці. Для розподілу бетону неефективно користуватися лопатами з довгою ручкою й лопатами із закругленим лезом, тому що в першому випадку зусилля, що прикладається не відповідає вимогам роботи з важким бетоном, а в другому закруглене лезо не дозволяє одержати рівну бетонну поверхню.

Бетонування захваток проводиться через одну, а ширина захваток приймається не більш 6 м. Це обумовлене оптимальним використанням комплекту напрямних і розмірами застосовуваних для цих операцій устаткування, інструментів і пристосувань.

Вирівнювання поверхні бетонної суміші здійснюється по заздалегідь встановленому рівню, обумовленому контурною опалубкою. Для виконання даної операції використовується віброрейка (рис. 4.8), яка крім якісного ущільнення суміші на глибину 200 мм забезпечує її вирівнювання й видалення надлишків. У результаті цього більша частина поверхні бетонної суміші вирівнюється, але в деяких місцях залишаються воронки, незаповнені бетонною сумішшю. У воронку укладається додаткова порція суміші й проводиться другий прохід. Віброрейка повинна переміщатися повільно, на одній швидкості й без зупинок [122, 162].

Розрівнювання гладилкою (рис. 4.9) здійснюється з метою усунення виступів і заповнення порожнеч, залишених після попередніх операцій. Найбільш ефективно застосовувати широкі гладилки на довгій ручці довжиною 2,4÷3 м і гладилки для зрізання нерівностей (рис. 4.9, 4.10).



Рисунок 4.8 – Ущільнення бетонної суміші за допомогою віброрейки



Рисунок 4.9 – Загальний вид гладилки на довгій ручці



Рисунок 4.10 – Види гладилок для зрізання нерівностей

Кут нахилу робочої поверхні гладилок для зрізання нерівностей може змінюватися за допомогою поворотного механізму, вбудованого в ручці гладилки (рис. 4.11). За рахунок зміни кута нахилу робочої поверхні досягається більш ретельне зрізання нерівностей на поверхні бетонної підлоги.



Рисунок 4.11 – Поворотний механізм для зміни кута нахилу гладилки

Широкі гладилки на довгій ручці або гладилки для зрізання нерівностей прикладаються під кутом 45° до осі укладання, захоплюючи шов з раніше покладеною смугою бетонної суміші. При виконанні даної операції усувається більша кількість дефектів і нерівностей, ніж при прикладенні гладилки перпендикулярно до вісі укладання [162]. Застосування даного інструмента сприяє збільшенню показника площинності бетонних підлог до 50% (рис. 4.12).

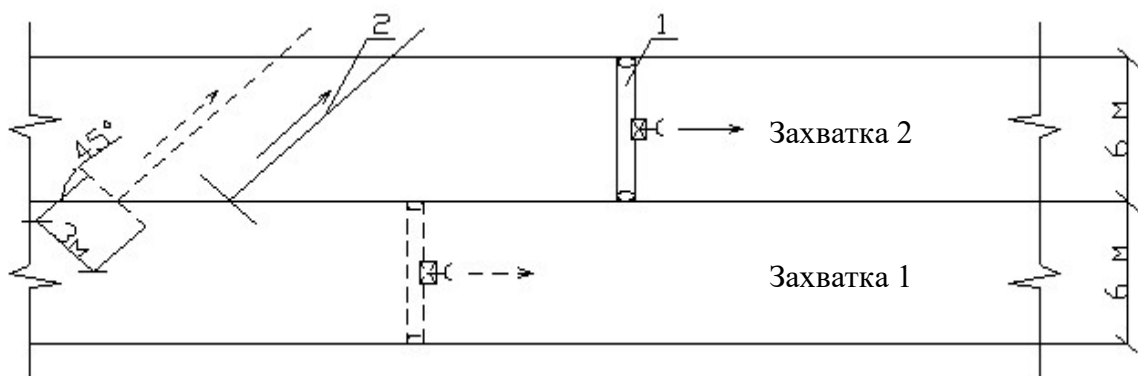


Рисунок 4.12 – Схема виконання технологічних операцій з розрівнювання бетонної суміші гладилкою на довгій ручці:

1 - вирівнювання й ущільнення бетонної суміші; 2 - розрівнювання гладилкою на довгій ручці

Повторне розрівнювання гладилкою для зрізання нерівностей бетонної суміші виконується відразу після розрівнювання гладилкою на довгій ручці й до появи зайвої вологи або цементного молочка на бетонній поверхні. Важливо відзначити, що будь-які оздоблювальні операції, виконувани при наявності надлишкової вологи або цементного молочка, приведуть згодом до появи таких дефектів як пилеутворення й відшаровування. Якість поверхні бетонної підлоги залежить від ефективного використання гладилки для зрізання нерівностей бетонної суміші після кожного етапу - укладання бетонної суміші, затирання й шліфування. Необхідно враховувати, що без повторного розрівнювання даною гладилкою після кожного етапу обробки бетонної підлоги його поверхня буде ставати менш рівною. Гладилки можуть повторно розрівнювати пластичну бетонну суміш, оскільки вони мають еталонно рівну лінію робочої поверхні, яку можна порівнювати із профілем підлоги. Операції з повторного розрівнювання гладилкою для зрізання нерівностей бетонної суміші найбільш ефективні, коли новий прохід перекриває попередній приблизно на 50% його ширини.

В ході досліджень було з'ясовано, що застосування механічних затиральних і шліфувальних машин сприяє збільшенню показника хвилястості бетонної підлоги. При використанні гладилок для зрізання нерівностей бетонної суміші знижується амплітуда хвилі й збільшується довжина хвилі, поліпшується площинність поверхні, що приводить до одержання підлоги з підвищеною рівністю (рис. 4.13).

Гладилка використовується у двох напрямках, перпендикулярних один одному. При бетонуванні підлоги довгими смугами гладилка прикладається під кутом 45° до осі смуги в напрямку до кінця смуги, а потім до початку смуги (рис. 4.14). Операції по зрізання надлишків бетонної суміші й заповненню порожнеч при виконанні вищевказаних операцій у різних напрямках дозволять проходам гладилки перетнутися під прямим кутом і створити рівну й гладку поверхню.



Рисунок 4.13 – Робота гладилкою для зрізання нерівностей

Даний процес можна також виконати після механічної затірки з метою збільшення показника рівності підлог. Розрівнювання гладилкою на довгій ручці й гладилкою для зрізання нерівностей здійснюються одночасно на одній захватці.

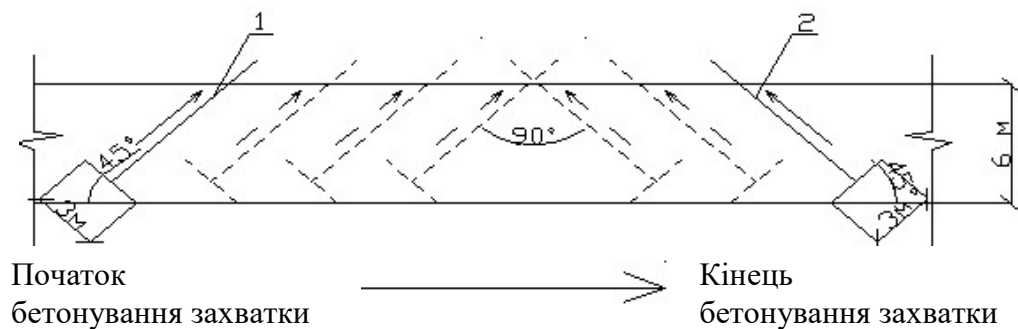


Рисунок 4.14 – Послідовність технологічних операцій з обробці поверхні гладилкою для зрізання нерівностей:

1 - робота гладилкою до кінця бетонування захватки; 2 - робота гладилкою до початку бетонування захватки

Тривалість технологічної перерви визначається за допомогою пенетрометра й методу прогнозування твердіння бетонної суміші, викладеного в п. 3.1 даної роботи [115]. Операції по механічній затирці починаються, коли бетонна суміш почала схоплюватися, і опір penetрації її становить 3,4 МПа. Механічне затирання виконується за допомогою

затиральної машини із прикріпленими піддонами й забезпечує грубе затирання бетонної поверхні (рис. 4.15).



Рисунок 4.15 – Процес затирання однороторною затиральною машиною

Найпоширеніші дискові самохідні й ручні затиральні машини з діаметром робочого органа 0,2-2,1 м і власною коловою швидкістю обертання 5-10 м/с при тиску на бетон 0,5-1,5 кПа. Використовуються одно-, дво і трьохроторні затиральні машини.

Кожний наступний прохід затиральною машиною виконується перпендикулярно попередньому (рис. 4.16). Обробку бетону здійснюють у тому ж напрямку, у якому він укладався. Місця, що затираються в першу чергу, - це поверхні, що прилягають до маякових рейок, контурних опалубок, прорізам, стінам і колонам.

При використанні затиральної машини утворюються западини за напрямком руху між робочими лопатями, а за межами лопатей – виступи суміші [73, 116]. У зв'язку із цим, після первісного проходу затиральної машини виконується повторний прохід гладилкою для зрізання нерівностей. Процес механічного затирання може здійснюватися одночасно з роботою гладилкою для зрізання нерівностей у межах захватки.

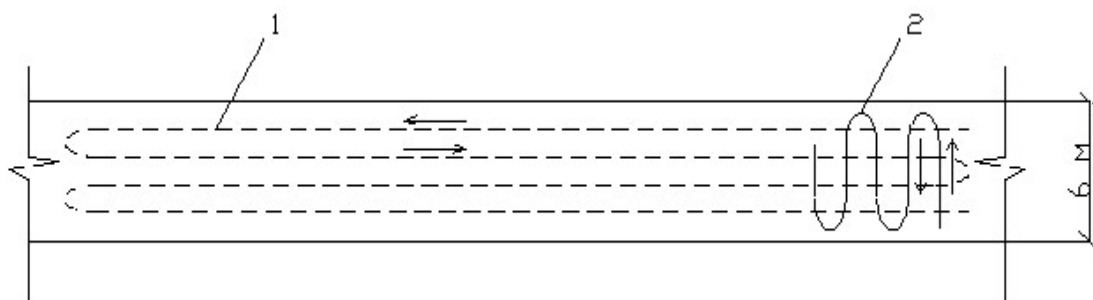


Рисунок 4.16 – Схема виконання технологічних операцій по затірці поверхні: 1 - механічне затирання уздовж захватки; 2 - механічне затирання поперек захватки

Механічне шліфування бетону лопатами виконується за допомогою зтиральної машини зі знятими піддонами й забезпечує чистове загладжування бетонної поверхні. Механічне шліфування виконується відразу після затирання й проводиться для одержання щільної, гладкої й міцної поверхні. При первісному шліфуванні лопаті розташовуються під мінімальним кутом до бетонної поверхні. Кожний наступний прохід зтиральної машини при шліфуванні виконується перпендикулярно попередньому. Гладкість поверхні збільшується за допомогою повторного проходу гладилкою для зрізання нерівностей з одночасним додатковим шліфуванням. Наступний етап шліфування виконується з поступовим збільшенням кута нахилу лопатей (для надання більшого тиску на поверхню бетону). Кожний повторний цикл шліфування збільшує ущільнення дрібного заповнювача й знижує водоцементне відношення у верхній зоні плити лопаті, що загладжують, взаємодіють із поверхнею й прискорюють процес видалення з неї води, що приводить до підвищення довговічності поверхні [162]. Механічне затирання із прикріпленими піддонами, робота гладилкою для зрізання нерівностей і механічне шліфування бетону лопатями виконуються протягом «вікна затирання». У процесі робіт також виконується нарізка швів і, при необхідності, обробка крайок плити підлоги.

При порівнянні графіків виконання зтиральних робіт з використанням традиційної й пропонованої технології було виявлено, що при використанні

пропонованих рішень спостерігається зменшення тривалості робіт на 1,5 години (рис. 5.17). Це досягається за рахунок обмеження виконання затиральних робіт тривалістю «вікна затирання», а також за рахунок того, що розрівнювання гладилками можна виконувати паралельно на одній захватці з іншими технологічними операціями. Введення додаткових технологічних операцій з розрівнювання бетонної поверхні гладилками дозволяє одержати якісну бетонну поверхню з підвищеною рівністю й виключити такий негативний фактор як хвилястість.

У результаті проведених досліджень нами запропонована формула для розрахунків технологічних параметрів улаштування високоміцних підлог з підвищеними показниками рівності:

$$\frac{I}{10^{\frac{a}{b}}} \left(10^{\frac{1,441}{b}} - 10^{\frac{0,531}{b}} \right) \geq \frac{S_{захв}}{V_m H_m n_m} n_{пр.м.} (I - k_{н.м.}) + \frac{S_{захв}}{V_2 H_2 n_2} n_2 (I - k_2), \quad (4.1)$$

де a , b – коефіцієнти регресії, обумовлені за результатами вимірів penetрації просіяної бетонної суміші;

$S_{захв}$ – площа захватки (м²);

V_m – швидкість руху затиральної машини (м/хв.);

H_m – ширина (довжина) робочого органа затиральної машини (м);

$k_{н.м.}$ – коефіцієнт перекриття при проході затиральною машиною;

$n_{пр.м.}$ – кількість проходів затиральної машини;

n_m – кількість затиральних машин на захватці (шт.);

V_2 – швидкість переміщення ручної гладилки (м/хв.);

H_2 – ширина робочого органа гладилки (м);

n_2 – кількість гладилок на захватці (шт.);

k_2 – коефіцієнт перекриття при загладжуванні гладилкою.

Графік виконання затирочних робіт при улаштуванні високоміцної бетонної підлоги з використанням традиційної технології виконання робіт на 300 м²

№	Найменування робіт	Обосн. за ЕНП	Од. вим.	Обсяг	Н вр	Т, люд-год	Сер. розр. роб.	Трив., хв	Час, год													
									1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1	Подача бетонної суміші бетононасосом	§ E4-1-48	100 м³	0,6	27	16,2	3	60	█	█												
2	Вкладання бетонної суміші з вирівнюванням й ущільненням	§ E4-1-49	1 м³	60	0,57	34,2	1	80		█	█	█										
3	Технологічна перерва							340				█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
4	Механічна затирка піддонами (починається коли глибина сліду робочого на бетон. поверхн. 4-6 мм)	§ E19-31	100 м²	3	33	99	4	180										█	█	█	█	█
5	Механічне шліфування лопатями	§ E19-40	100 м²	3	20,5	61,5	4	120												█	█	█

Т заг. = 13 год.

Графік виконання затирочних робіт при улаштуванні високоміцної бетонної підлоги з використанням пропонуємої технології виконання робіт на 300 м²

№	Найменування работ	Обосн. за ЕНП	Од. вим.	Обсяг	Н вр	Т, люд-год	Сер. розр. роб.	Трив., хв	Час, год													
									1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1	Подача та розподілення бетонної суміші	§ E4-1-48	100 м³	0,6	27	16,2	3	60	█	█												
2	Вирівнювання та ущільнення	§ E4-1-49	1 м³	60	0,57	34,2	1	80		█	█	█										
3	Розрівнювання гладилкою на довгій ручці	§ E4-3-160	1 м³	60	0,31	18,6	4	100			█	█	█									
4	Розрівнювання гладилкою для нерівностей	§ E4-3-160	1 м³	60	0,31	18,6	4	100			█	█	█									
5	Технологічна перерва							300				█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
6	Механічна затирка піддонами (починається коли бетон достигне пластичної міцності в 3,4 МПа)	§ E19-43	100 м²	3	11	33	5	60										█		█		
7	Розрівнювання гладилкою для нерівностей	§ E4-3-160	1 м³	60	0,31	18,6	5	60										█		█		
8	Механічне шліфування лопатями	§ E19-40	100 м²	3	7,8	23,4	5	45												█	█	█

Т заг. = 11 год. 30 хв.

окно затирки

Рисунок 4.17 – Графіки виконання затиральних робіт при улаштуванні високоміцної бетонної підлоги по традиційній і пропонуваній технології

Використання даної формули дає можливість оперативно в умовах будівельного майданчика визначити тривалість «вікна затирання», у рамках якого підібрати необхідну кількість затиральних машин з обліком їх продуктивності, підібрати тип гладилок і розрахувати їхню оптимальну кількість, а також зменшити або побільшати площу захватки. У результаті використання даного методу можна одержати високоміцну бетонну підлогу, відповідною до класу 9 (табл. 2.6) по міжнародній класифікації, з підвищеними показниками хвилястості й рівності.

4.3 Висновки по розділу

1. Розроблені організаційно-технологічні рішення в розвиток положень діючих нормативних документів, що підвищують ефективність улаштування, високоміцних бетонних підлог і які забезпечують зниження експлуатаційних витрат.

2. Розроблена технологія виробництва затиральних операцій високоміцних бетонних підлог з використанням спеціальних гладилок. Розроблені технологічні схеми виконання робіт дозволяють суттєво підвищити якість високоміцних бетонних підлог при скороченні тривалості їх улаштування. Запропонована формула для розрахунків технологічних параметрів процесу улаштування високоміцних підлог з підвищеними показниками рівності.

3. У дослідженнях економічної ефективності запропоновано здійснювати розрахунки комплексно, з обліком не тільки одноразових витрат, але й витрат на підтримку нормального експлуатаційного стану підлоги, а також підлогового й іншого устаткування.

ВИСНОВКИ

1. Дослідження конструктивних особливостей високоміцних бетонних підлог виявило номенклатуру найпоширеніших з них, а аналіз існуючих організаційно-технологічних рішень дав можливість визначити найбільш ефективні варіанти з урахуванням особливостей існуючих методів. Визначено, що при улаштуванні високоміцних бетонних підлог найбільш відповідальним є технологічний процес затирання бетонної поверхні, від якого залежить її довговічність і якість.

2. Дослідження специфічних особливостей провадження робіт дало можливість виявити, систематизувати й визначити ступінь впливу на ефективність робіт і довговічність підлог найбільш значимих факторів, що дозволило розробити методику обліку їх впливу на параметри технологічного процесу за умови оптимізації тривалості виконання робіт.

3. Розроблені й науково обґрунтовані технологічні, організаційні й технічні рішення, які забезпечують ефективне улаштування високоміцних бетонних підлог з підвищеними показниками рівності й довговічності.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Адлер Ю.А. та ін. Москва: Наука, 1976. 279 с.
2. Адлер Ю.П., Ю. П. Адлер. Введение в планирование эксперимента. М.: Металлургия, 1968. 153 с.
3. Айвазян С.А., Айвазян С.А., Мхитарян В.С. Прикладная статистика и эконометрика. Москва: МЭСИ, 2000. 178 с.
4. Рекомендации по технологии устройства бесшовных покрытий полов из наполненных мастичных составов. Ангизитов В.А. та ін.; Центральный научн.-исслед. и проект.-эксперимент. инст. организации, механизации и технической помощи строительству ЦНИИОМТП Госстроя СССР. Москва: Стройиздат, 1987. 39 с.
5. Ахвердов И.Н. Основы физики бетона. Москва: Стройиздат, 1991. 464 с.
6. Коррозионная стойкость облицовки полов с прослойкой из портландцементного раствора / Т.Х. Ахмеджанова та ін.; Реферативная информация о передовом опыте. Противокоррозионные работы в строительстве. 1998. № 2 (121). С. 10-12.
7. Бояч Б. Многомерные статистические методы экономики / Бояч Б., Хуань К.; пер. с англ. Москва: Статистика, 1979. 317 с.
8. Биджи ELECTRIC: [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.germany-electric.ru>. 2006. 43 с.
9. Брыков А.С. Гидратация портландцемента. Санкт-Петербург: Центр бетонных технологий, 2008. 30 с.
10. Буга П.Г. Гражданские, промышленные и сельскохозяйственные здания: Изд. 2-е, перераб. и доп. Москва: «Высшая школа», 1987. 350 с.

11.Бурак Н.П., Помазан М.Д. Вакуумирование бетона для изготовления железобетонных изделий. ХНАГХ: Научно-технический сборник «Коммунальное хозяйство городов». 2006. № 76. С. 201-205.

12.Бургман В.В. Типовые детали зданий. Полы и перекрытия: Изд. 2-е, Раздел 3. Москва: Государственное издательство строительной литературы, 1977. 52 с.

13.Бююль Ахим, Цефель Петер SPSS: искусство обработки информации. Анализ статистических данных и восстановление скрытых закономерностей; пер.с нем. СПб.: ООО «ДиаСофтЮП», 2005. 608 с.

14.Вознесенский В.А. Статистические методы планирования эксперимента в технико-экономических исследованиях: 2-е изд. перераб. и доп. Москва: Финансы и статистика, 1981. 263 с.

15.Войлоков И.А., Альхименко А.И. Особенности изготовления фибробетонных бесшовных плит: Инженерно-строительный журнал. 2008. № 2. С. 27–31.

16.Войлоков И.А. Швы в бетонных полах: Склад и техника. 2007. № 7. С. 20–26.

17.Волков И.В. Фибробетон: состояние и перспективы применения: ПГС. 2002. № 9. С. 8–17.

18.Гаращенко И.И. Полы. Справочник. Київ: «Будівельник», 1987. 221 с.

19.Жесткие покрытия аэродромов и автомобильных дорог; под. ред. Г.И. Глушкова. Москва: Транспорт, 1987. 205 с.

20.Гнеденко Б.В. Курс теории вероятностей: изд. 8-е, испр. и доп. Москва: Едиториал, 2005. 448 с.

21.Горб А. М., Войлоков И. А. Вопросы обеспечения долговечности и эксплуатационной надежности полов производственных зданий: Склад и техника, 2010. № 4. С. 42–45.

22. Горб А. М., Войлоков И. А. Вопросы обеспечения качества бетона для изготовления промышленных полов: Склад и техника, 2010. № 2. С. 40–43.

23. Горб А. М. Качественный пол – гарантия непрерывности и успешности бизнес-процессов современного склада: Склад и техника, 2007. № 10. С. 52–55.

24. Горб А. М., Войлоков И. А. О некоторых ошибках при проектировании и устройстве бетонных полов в зданиях производственно-складского назначения: Склад и техника, 2009. № 9. С. 40–43.

25. Горб А. М. Обеспечение эксплуатационной надежности пола на современном складе. Факторы минимизации стоимости и рациональная тендерная политика : Склад и техника, 2007. № 11. С. 62–64.

26. Горб А. М., Войлоков А. М. Разъяснения по вопросам сбора нагрузок и составлению технического задания на проектирование полов в складских помещениях, оборудованных многоярусными сборными стеллажами: Склад и техника, 2009. № 8. С. 40–42.

27. Горб А. М. Состояние, проблемы и основные факторы, влияющие на устройство качественных бетонных полов на объектах промышленно-складского назначения: Склад и техника, 2006. № 10. С. 16–17.

28. Горб А. М., Войлоков И. А. Техничко-экономическое обоснование применения сталефибробетона в конструкциях промышленных полов: Склад и техника, 2009. № 10. С. 62–66.

29. Горб А. М. В сложной ситуации найти оптимальное инженерное решение: Мир строительства и недвижимости, 2008. № 28. С. 2–4.

30. Горб А. М., Войлоков И. А. Вопросы повышения эксплуатационной надежности швов в бетонных полах производственных зданий: Склад и техника, 2010. № 3. С. 40–43.

31. Горб А. М. Вопросы проектирования многослойных конструкций промышленных полов: Промышленные полы, 2010. № 12. С. 1–4.

32. Горб А.М. О дефектах бетонных полов на объектах складского назначения, причинах их возникновения, и способах предупреждения: Складская недвижимость, 2009. № 4. С. 4–8.

33. Горб А.М. Особенности проектирования и изготовления полов в высотных складах: Складской комплекс, 2005. № 5. С.19.

34. Горб А. М., Войлоков И. А. Применение композитов на основе дисперсно-армированных бетонов при устройстве полов в зданиях производственно-складского назначения: Мир строительной недвижимости,– 2009. № 33. С. 27–33.

35. Горб А. М., Войлоков И. А. Проектирование и расчет конструкций промышленных полов: Мир строительства и недвижимости, 2009. № 32. С. 15–21.

36. Горб А.М. Промышленные бетонные полы: вопросы проектирования: Стройпрофиль, 2009. № 3. С. 32–37.

37. Горб А.М. Расчет конструкций промышленных полов с учетом динамического воздействия нагрузок от перемещения грузоподъемного транспорта. Инженерно-строительный журнал, 2009. № 7. С. 1–4.

38. Горб А. М., Войлоков И. А. Фибробетон – история вопроса. Нормативная база, проблемы и решения. Бетоны/Concrete. 2008. № 8. С. 34–43.

39. Горб А.М., Войлоков И.А. Правильное проектирование как решение вопроса долговечности эксплуатации промышленных полов. Технология бетонов, 2009. № 6. С. 50–52.

40. Горячев В.И. Облицовочные работы – плиточные и мозаичные. Москва: Высшая школа, 1992. 288 с.

41. Гречко Н. В., И. В. Шумаков, В. Н. Секретная, Д. В. Ракивненко Оптимизационные задачи прогнозирования параметров процесса устройства высокопрочных бетонных полов: Науковий вісник будівництва. Харків: ХНУБА, ХОТ АБУ, 2014. № 1(75). С. 50–56.

42. Дайитбегов Д.М. Компьютерные технологии анализа данных эконометрике: 2-е изд., испр. и доп. Москва: ИНФРА-М, 2011. 578 с.
43. Дегтев И.А., Донченко О.М., М.В. Кафтаева. Современные технологии устройства и ремонта полов. Москва: Издательство ассоциации строительных вузов, 2004. 144 с.
44. Деордица Ю. С., Нефедов. Ю. М. Исследование операций в планировании и управлении: учебн. Пособие. Київ: Вища школа, 1991. 270 с.
45. Деревянко В.Н., Саламаха Л.В. Дисперсно-армированные растворы для устройства стяжек полов: Строительство, материаловедение, машиностроение. Сборник научных трудов, 2009. № 12. С. 14–19.
46. Детали полов общественных зданий. Выпуск 5. Полы лечебно-профилактических учреждений. Рабочие чертежи: Серия 2.244-1. Москва: ГИПРОНИИЗДРАВ Минздрава СССР, 1986. 162 с.
47. Детали полов общественных зданий. Выпуск 6. Полы. Рабочие чертежи: Серия 2.244-1. Москва: ЦНИИЭП учебных зданий, 1992. 175 с.
48. Джонсон Н., Лион Ф. Статистика и планирование эксперимента в технике и науке. Методы обработки данных. Москва: Мир, 1990. 511 с.
49. Джонстон Дж. Эконометрические методы. Москва: Статистика, 1990. 444 с.
50. Дубров А. М., Мхитарян В. С., Трошин Л. И., Многомерные статистические методы. Москва: Финансы и статистика, 1988. 122 с.
51. Економіко-математичне моделювання: навчальний посібник /за ред. Іващука О. Т. Тернопіль: ТНЕУ «Економічна думка», 2008. 704 с.
52. Иванов А.А. Справочник по конструкциям тепло- и звукоизоляции. Полы и перекрытия. Часть 4. Санкт-Петербург.: «УРСА-инжиниринг», 2004. 45 с.
53. Измерение ровности полов: Современный склад, 2005. № 3. С.17.
54. Исследование бетонов с применением полимеров: сб. науч. тр. / под ред. В.В. Патуроева, И.Е. Путляева. Москва: Стройиздат, 1980. 96 с.

55.Калинина В. Н., Соловьев В. И. Введение в многомерный статистический анализ: учебное пособие. Москва: ГУУ, 2003. 92 с.

56.Козачук В. Новое – хорошо забытое старое. Строительство и реконструкция, 2000. №5. С.1–5.

57.Козир О.В. Анализ конструктивно-технологических решений при устройстве промышленного пола. Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры, 2008. № 2008-3 (71). С. 98–102.

58.Комаров Д. Устройство сверхплоских полов для складов – проблемы и решения. Современный склад, 2003. № 8. С. 14–18.

59.Конашевский В.Л. Наружная и внутренняя облицовка зданий. Москва: «Государственное издательство литературы по строительству и архитектуре, 1985. 304 с.

60.ДБН В.2.6-31-2006. Конструкції будівель і споруд. Теплова ізоляція будівель: [Чинний від 09.09.2006]. Мінбуд України. Київ:, 2006. 70 с. (Інформація та документація).

61.Конструкции стен, покрытий и полов с теплоизоляцией из экструзионных вспененных пенополистирольных плит «ПЕНОПЛЭКС». Материалы для проектирования и рабочие чертежи узлов: РОСС RU.СР48.С00162. Москва: ОАО «ЦНИИПРОМЗДАНИЙ», 2004. 98 с.

62.Конструкции, изделия и узлы зданий и сооружений. Выпуск 1. Материалы для проектирования подстилающих слоев при коэффициенте жесткости основания $K=6,5 \text{ кгс/см}^3$: Серия ПСП 1.44-І. Москва: Промстройпроект, 1989. 39 с.

63.Котляр Н.И., Рощина Н.М., Дытюк М.Е. Закономерности набора прочности отвакуумированного фибробетона: Науковий вісник будівництва. Харків: ХДТУБА, ХОТ АБУ, 2010. № 56. С. 98–102.

64.Котляр Н.И., Житинская Н. М., Котляр Н. И. Использование метода вакуумирования бетона в каркасно-монолитном строительстве: Науковий вісник будівництва. Харків: ХДТУБА, ХОТ АБУ, 2009. № 51. С. 20–25.

65. Кошкин В.И., Фиговский О.Л., Смокин В.Ф., Небрятенко Н.М. Монолитные, эпоксидные, полиуретановые и полиэфирные покрытия полов. Москва: Стройиздат, 1985. 121 с.

66. Креиндлин Ю.Г., Пушкарева И.Н. Применение химически стойких полимерных покрытий полов за рубежом (обзор патентов). Монтажные и специальные строительные работы. Противокоррозионные работы в строительстве, 1989. № 1 (128). С. 11–12.

67. Кремер Н.Ш., Путко Б. А. Эконометрика: учебник для вузов / под ред. проф. Н.Ш. Кремера. Москва: ЮНИТИ-ДАНА, 2002. 311 с.

68. Крутов В.И., Эйдук Р. П. , Мухрыгин И. Ф. Подготовка оснований под полы в промышленных зданиях: Промышленное строительство, 1981. № 6 . С. 6–8.

69. Макотинский М.П. Новые отделочные материалы в строительстве. Москва: Стройиздат, 1997. 175 с.

70. Мамаев Л.А. Методология совершенствования теории взаимодействия рабочих органов бетоноотделочных машин с поверхностью обрабатываемых сред: дис. доктора техн. наук: 05.05.04 Братск, 2006. 455 с.

71. Махмудов Н.М. Моделирование и прогнозирование экономических показателей на основе информационных технологий. Уссурийск.: ТГЭУ, 2002. 187 с.

72. Многомерный статистический анализ в экономических задачах: Компьютерное моделирование в SPSS. Москва: Вузовский учебник, 2008, 2011. 285 с.

73. Мовсисян Э.А., Фиговский О.Л. Химически стойкий клей для защиты полов ПВХ-пленкой: Реферативная информация о передовом опыте. Противокоррозионные работы в строительстве, 1988. № 2 (121). С. 10–12.

74. Мощанский А.Н., Путляев И.Е. Современные химически стойкие полы. Москва: Издательство литературы по строительству, 1993. 117 с.

75. Мчедлов-Петросян О. П. Химия неорганических строительных материалов: 2-е изд., перераб. и доп. Москва: Стройиздат, 1988. 303 с.

76. На том стоим: Мир строительства и недвижимости, 2008. №27. С.1–4.
77. Налимов В. В., Чернова Н. А. Статистические методы планирования экстремальных экспериментов. Москва: Наука, 1995. 340 с.
78. Налимов В.В. Теория эксперимента. Москва: Наука, 1991. 208 с.
79. Невилль А.М. Свойства бетона. Москва: Стройиздат, 1992. 345 с.
80. Неелов В.А. Гражданские здания. Москва: Стройиздат, 1994. 171 с.
81. Орлова И.В., Половников В. А. Экономико-математические методы и модели: Компьютерное моделирование: учебное пособие. Москва: Вузовский учебник, 2011. 365 с.
82. ДБН В.2.1-10-2009. Основи і фундаменти споруд. [Чинний від 01.07.2009]. Київ: Мінрегіонбуд України, 2009. 107 с.
83. Method and apparatus for measuring height variations on a floor surface Пат. 4748748А США: МПК G01B 11/30, G01B 5/28, G01B 7/34, G01C 7/04, G01C 7/00, G01B 007/28. № US4748748 А; заявл. 13.04.1987 ; опубл. 07.06.1988.
84. Прилад для вимірювання рівності і хвилястості бетонної підлоги пат. 82215 Україна: МПК (2013.01) G 01 C 9/00, G 01 C 7/00, G 01 B 11/30 (2006.01). № u 2013 01612; заявл. 11.02.13; опубл. 25.07.13. Бюл. № 14.
85. Полиэфирные наливные полы в гражданских и промышленных зданиях / [Е.Д. Белоусов, Г.В. Шкундов, А.Н. Николаев и др.] ; под ред. Ю.С. Эйдинова. – М.: Стройиздат, 1985. – 23 с.
86. ДБН Д.2.2-11-99. Підлоги (Збірник11). [Чинний від 01.01.2000]. Київ: Державний комітет будівництва, архітектури та житлової політики України, 2000. 29 с.
87. ДБН Д.2.4-7-2000. Полы (Сборник 7). [Чинний від 01.10.2000]. Київ: НПФ «Инпроект», 2000. 23 с.
88. Полы жилых, общественных и производственных зданий с применением материалов фирмы «ХЕНКЕЛЬ БАУТЕХНИК»: МДС 31-

12.2007. Москва: АО «ЦНИИпромзданий», 2007. 297 с. (Методическая документация в строительстве).

89.Полы производственных зданий: труды института / науч. ред. В.Я. Далматов. ЦНИИпромзданий, 1983. № 34. С. 1–35.

90.Полы производственных и подсобно-производственных зданий предприятий технической промышленности. Типовые решения: Серия 4-839-62. Москва: ГИПРОНИИЗДРАВ, 1982. 208 с.

91.Полы промышленных зданий / В.Я. Далматов и др. Москва: Стройиздат, 1988. 137 с.

92.Полы с полимерным покрытием марки «ПРАСПАН». Материалы для проектирования: М28.02/7. Москва: ОАО «ЦНИИпромзданий», 2007. 128 с.

93.Просвирин А.А., Ратинов В. Б. Самовыравнивающиеся составы для стяжек полов на основе гипсовых вяжущих: Промышленное строительство, 1981. № 6 . С. 10–12.

94.Ракивненко Д.В., Секретная В. Н. Критерии устройства бетонных полов с полимерными покрытиями. Классификация полимерных покрытий полов: Науковий вісник будівництва. Харків: ХДТУБА, ХОТ АБУ, 2011. № 63. С. 241–245.

95.Ракивненко Д.В., Секретная В. Н. Особенности технологии эффективного утепления полов с помощью современных материалов: Науковий вісник будівництва. Харків: ХДТУБА, ХОТ АБУ, 2010. № 57. С. 259–263.

96.Ракивненко Д.В., Секретная В. Н. Технологические особенности устройства полов, влияющие на безопасность в складских зданиях: Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. Харків: ХНАДУ, 2012. № 59. С. 132–134.

97.Рамачандран В.С. Добавки в бетон: Справочное пособие. Москва: Стройиздат, 1988. 571 с.

98. Рекомендации по проектированию полов МДС 31-1.98. Москва: АО «ЦНИИпромзданий», 1998. 60 с. (Методическая документация в строительстве).

99. Рекомендации по расчету бетонных подстилающих слоев промышленных зданий с учетом экономической ответственности. Москва: ЦНИИПромзданий Госстроя СССР, 1987. 115 с.

100. Рекомендации по расчету полов с подстилающим слоем и по конструкциям металлических плит для полов производственных помещений. Москва.: ЦНИИПромзданий Госстроя СССР, 1971. 27 с.

101. Рекомендации по устройству полов МДС 31-6.2000. Москва: АО «ЦНИИпромзданий», 1998. 36 с. (Методическая документация в строительстве).

102. Руфферт Г. Дефекты бетонных конструкций / Г. Руфферт. Пер. с нем. И.Г. Зеленцова; Под ред. В.Б. Семенова. Москва: Стройиздат, 1987. 111 с.

103. Савйовский В.В., Ракивненко Д. В., Секретная В. Н. Особенности ремонта бетонного пола существующего здания путем устройства наливного покрытия: Науковий вісник будівництва. Харків: ХДТУБА, ХОТ АБУ, 2009. № 55. С. 98–103.

104. Савйовский В.В., Болотских О.Н. Ремонт и реконструкция гражданских зданий. Харків: «Ватерпас», 1999. 356 с.

105. Савйовский В.В., Ракивненко Д. В., В. Н. Секретная. Техническое состояние полов существующих зданий: Науковий вісник будівництва. Харків: ХДТУБА, ХОТ АБУ, 2009. № 54. С. 14–17.

106. Секретная В.Н. Оптимизация организационно-технологических решений устройства высокопрочных бетонных полов: Градостроительство и территориальное планирование: Науч.-техн. сборник. Київ: КНУБА, 2013. № 48. С. 390–398.

107. Секретная В.Н., Шумаков И.В., Ю.В. Фурсов. Совершенствование технологических операций отделки поверхности высокопрочных бетонных

полов: Вестник Иркутского государственного технического университета. Иркутск: ИрГТУ, 2014. № 3(86). С. 97–103.

108. Семенюк С.Д., Болошенко Ю.Г., Коржов И.В., Молотков А.А. Опыт применения сталефибробетона в республике Беларусь. ГУВПО «Беларусско-российский университет», 2009. № 17. С. 74–84.

109. Серге А.К. Определение параметров затирочных машин с лопастными рабочими органами: дис. кандидата техн. наук: 05.05.04. Санкт-Петербург, 2002. 203 с.

110. Блохин В.Г., Глудкин О.П., Гуров А.И., Ханин М.А. Современный эксперимент: подготовка, проведение, анализ результатов. Москва: Радио и связь, 1997. 232 с.

111. Сталефибробетонные конструкции: СП 52-104-2006. – [Введен в действие 01.09.2006]. Москва: Научно-исследовательский, проектно-конструкторским и технологическим институтом бетона и железобетона (НИИЖБ), 2007. 73 с. (Свод правил по проектированию и строительству).

112. Теличко А.А., Рыженко В.И. Полы. Окна. Двери. Настил. Установка. Ремонт. Дизайн: Справочник. Москва: Издательский дом «Оникс 21 век», 2005. 448 с.

113. Технологическая карта. Устройство монолитных бетонных полов методом вакуумирования: 7356 ТК. Москва: ОАО Проектно-конструкторский и технологический институт промышленного строительства «ПКТИпромстрой», 2000. 15 с.

114. Технология строительного производства / С.С. Атаев и др. Москва: «Стройиздат», 1984. 559 с.

115. Тюрин Ю. Н., А. А. Макаров. Анализ данных на компьютере. Москва: ИНФРА-М, 1995. 384 с.

116. ДБН В.2.6.-22-2001. Улаштування покриттів із застосуванням сухих будівельних сумішей. [Чинний від 01.01.2002]. Київ: Державний комітет будівництва, архітектури і житлової політики України, 2001. 44 с. (Державні будівельні норми України).

117. Уткина Н. В зеркале бетонных полов: Flooring professional magazine, 2007. № 9. С. 8–15.

118. Ферстер Э., Ренц Б. Методы корреляционного и регрессионного анализа. Москва: Финансы и статистика, 1983. 302 с.

119. Фиговский О.Л., Мартынов О.М. Монолитные покрытия полов на основе полимеров. Москва: НТИЭПСМ, 1980. 41 с.

120. Фиговский О.Л., Чекулаев А. В. Монолитные химически стойкие полы. Министерство монтажных и специальных строительных работ СССР: Специальные строительные работы. Обзорная информация, 1980. № 5. С. 1–39.

121. Фиговский О.Л. Новые конструктивные и технологические решения монолитных химически стойких полов: Реферативная информация о передовом опыте. Противокоррозионные работы в строительстве, 1987. № 2 (113). С. 14.

122. Фиговский О.Л., О.М. Мартынов. Определение оптимальной толщины полимерных покрытий полов: Промышленное строительство, 1991. № 7. С. 22–23.

123. Фиговский О.Л., Крейндли Ю.Г., Раппопорт Л.Я. Полиуретановые покрытия полов: Строительные материалы. 1975. № II (251). С. 20.

124. Фиговский О.Л., Мартынов О.М., Войтович В.А. Устройство наливных полов из новых видов полимеров. Москва: ЦНИИпромзданий, 1982. 17 с.

125. Фомичева Н.А., Козлов А. А., Бланк Н. Б., Фиговский О. Л. Современные представления о материалах и конструкциях монолитных покрытий полов. Москва: НИИТЭХИМ, 1986. 37 с.

126. Хартман К., Лецкий Э., Шефер В. Планирование эксперимента в исследовании технологических процессов. Москва: Мир, 1987. 552 с.

127. Шестопапов А.А. Инновационные технологии устройства бетонных полов: Стройпрофиль, 2007. № 2. С.17–22.

128. Шиманович С.А. Полы из жароупорного бетона для промышленных зданий. Москва: Издательство литературы по строительству. Госстрой СССР, 1992. 16 с.

129. Широков В.А. Полы с бесшовным наливным покрытием из полимеров. Москва: Изд. № 572, 1996. 12 с.

130. Шумаков И.В., Ракивненко Д. В., Секретная В. Н. Исследование технологии устройства высокопрочных покрытий бетонных полов: Науковий вісник будівництва. Харків: ХДТУБА, ХОТ АБУ, 2010. № 57. С. 250–255.

131. Шумаков И.В., Секретная В.Н. О некоторых методиках оценки качества работ при устройстве полов в складских зданиях: Нові технології в будівництві. Київ: НДІБВ, 2012. №1-2 (23-24)12. С. 14–17.

132. Шумаков И.В., Секретная В.Н. Применение зарубежных методик для расчета показателя горизонтальности высокопрочных полов в складских зданиях: Вісник Національного університету водного господарства та природокористування (Технічні науки). Рівне: НУВГП, 2012. № 1 (57). С. 138–143.

133. Шумаков И.В., Секретная В.Н. Расчет показателя волнистости высокопрочных полов логистических комплексов: Промислове будівництво та інженерні споруди. Київ: 2012. № 3. С. 15–18.

134. Шумаков И.В. Ракивненко Д.В., Секретная В.Н. Совершенствование технологии устройства высокопрочных полов с помощью 3-D моделирования: Полтавський національний технічний університет ім. Ю. Кондратюка: Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво). Полтава: ПНТУ, 2012. № 5 (35). С. 144–148.

135. Шумаков И.В., Секретная В. Н. Технологические особенности ремонта высокопрочных полов гражданских и промышленных зданий: Комунальне господарство міст: наук.-техн. зб. Харків: ХНАМГ, 2011. № 99. С. 447–450.

136. Шумаков И.В., Секретная В.Н. Метод топпинга при устройстве полов с упрочненным верхним слоем: Науковий вісник будівництва. Харків: ХДТУБА, ХОТ АБУ, 2011. № 63. С. 238–241.

137. ДСТУ Б В.2.7-75-98. Щебінь і гравій щільні природні для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій і робіт. Технічні умови: – [Чинний від 25.08.1998]. Київ: Державний комітет будівництва, архітектури та житлової політики України, 1999. 13 с.

138. Эконометрика / под ред. И.И. Елисейевой; 2-е изд., перераб. и доп. Москва: Финансы и статистика, 2008. 344 с.

139. Эффективные конструкции полов промышленных зданий / сб. науч. тр. / науч. ред. Ким И.П. Москва: ЦНИИпромзданий, 1988. 112 с.

140. A vacuum dewatering demonstration. Floor slab durability enhanced while construction time is reduced. – UK.: The Aberdeen group, 1981. 2 p.

141. Anton K. Shindler. Prediction of concrete setting / Anton K. Shindler. – USA: Department of civil engineering. Auburn University, 2005. 14 p.

142. Austin S.A. Behavior and design of concrete industrial ground floor slabs / Austin S.A., Robins P.J. and Bishop J.W. – UK.: Loughborough university, 2000. 21 p.

143. Carl N. Ytterberg. Flatness tolerances for random traffic-floors / Carl N. Ytterberg. – USA: The Aberdeen group, 1996. 6 p.

144. Concrete ground floors and pavements for commercial and industrial use. Cement and concrete association of New Zealand: (Part 1). – New Zealand. – New Zealand concrete society, 1999. 98 p.

145. Concrete industrial ground floors / A guide to design and construction. – Concrete society report: TR 34. – UK.: Third edition, 2003. – 148 p.

146. Don Gehring. Constructing a superflat concrete floor slab / Don Gehring // Floor slab construction, 2005. № 1. P. 1–6.

147. Ebenheitstoleranzen: DIN 18202. Germany: CoGri Group. 1 p.

148. Estriche im Bauwesen: DIN 18560. Germany: CoGri Group. 1 p.

149. Grant T. Halvorsen. Placing flat floors / Grant T. Halvorsen // Structure magazine, 2008. № 45. P. 7–11.

150. Guide for concrete and slab construction: ACI 302.1R-04. USA.: American concrete institute, 2004. 120 p.

151. Guide for concrete and slab construction: ACI 302.1R-96. USA.: American concrete institute, 1997. 67 p.

152. Guide to curing concrete: ACI 308R-01. USA: American concrete institute, 2001. 31 p.

153. Harald Wenander. Vacuum dewatering is back. Principles of rediscovered technique for floor construction / Harald Wenander. UK.: The Aberdeen group, 1975. 4 p.

154. Kirven T. Method and apparatus for measuring height variations on a floor surface / Thomas Kirven // United States Patent US4748748. USA, 1987. 8 p.

155. Lagersysteme mit leitliniengeführten Flurförderzeugen: DIN 15185. Germany: CoGri Group. 1 p.

156. Neil Williamson. Superflat floor construction – how easy is it? / Neil Williamson. UK.: The concrete society, 2005. 3 p.

157. Robert McGuilan. Specifying industrial concrete floors and pavements / Robert McGuilan, Timothy Walker; Technical papers (TR40). – New Zealand: Potorua convention centre, 2008. – 11 p.

158. Standard test method for determining FF floor flatness and FL floor levelness: ASTM E 1155M-96 (Reproved 2001). USA.: Stanford linear accelerator center alignment engineering group, 2003. 9 p.

159. Standard test method for determining FF floor flatness and FL floor levelness numbers: ASTM E 1155-96 (Reproved 2001). USA: ASTM International, 2003. 9 p.

160. Standard test method for time of setting of concrete mixtures by penetration resistance: ASTM C 403 M. USA: American Society for Testing and Materials, 1999. 20 p.

161. Timothy Walker. Specification and measurement of floor surface regularity / Timothy Walker, Brian Mooney, Andrews Dallas. New Zealand: Potorua convention centre, 2009. 15 p.

162. William Phelan. Floors than pass the test / William Phelan. USA: The Aberdeen group, 1989. 4 p.

163. William T. Apparatus and method of measuring of surface heights / William T. Kirven W. // United States Patent US4471530. USA, 1984. 5 p.