

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БУДІВНИЦТВА І
АРХІТЕКТУРИ**

Будівельно-технологічний факультет
Кафедра технологій будівельних конструкцій і виробів

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Завідувач кафедри

« _____ » _____ 20__ р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
здобувача ступеня вищої освіти «бакалавр»

на тему:

**«Обґрунтувати технологічні і організаційні рішення виробництва
залізобетонної підкранової балки БК 6-1К7-С»**

Галузь знань:

19 «Архітектура та будівництво»

Спеціальність:

192 Будівництво та цивільна інженерія

Освітньо-професійна програма:

«Технологія будівельних конструкцій, виробів і матеріалів»

IV курс, група ТБКВіМ-42

Здобувач:

Явтушенко Марія Юріївна

(підпис)

Керівник:

Руденко Ігор Ігоревич

(підпис)

Рецензент:

(підпис)

(ПІБ)

Київ 2023

Зміст

Вступ.....	5
1. Вибір і обґрунтування способів і технічних засобів виконання стадійних процесів формування і розпалублення.....	8
2. Обґрунтування вибору добавки і заповнювачів для бетону та розрахунок складу бетонної суміші.....	16
3. Розробка функціональної транспортно-технологічної схеми процесу формування.....	22
4. Вибір дозаторів і змішувачів для виготовлення бетонної суміші і розрахунок їх кількості.....	25
5. Визначення планового такту випуску продукції та складання операційної нормалі.....	29
Список використаних джерел.....	32

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА здобувача ступеня вищої освіти «бакалавр»	Арк.
3.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		4

ВСТУП

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА здобувача ступеня вищої освіти «бакалавр»	Арк.
3.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		5

Підкранові балки – це підйомно-транспортні системи. Вони мають пряме призначення для локального переміщення великогабаритних і важких вантажів. Такі балки розташовуються безпосередньо всередині приміщення.

Функції і типи

Незалежно від висоти, форми ферм і будь-яких інших показників, все підкранові балки виконують одну і ту ж функцію.

Робота підкранових балок полягає в наступному: подібна система визначає траєкторію, по якій слід рухатися. Щоб робота була виконана якісно, всі механізми обов'язково повинні мати опору, для вільного пересування по ній. Що відносно кранів – аналогічно, їм також потрібна опора.

Дану конструкцію кріплять до консолей. Це робиться з використанням анкерних болтів. Розташування консолей: уздовж ділянки промислового приміщення. Ширина при конструюванні завжди залежить від прольоту, а ось вид кріплення підбирається виходячи з проектної потужності.

Які бувають підкранові балки?

За класифікацією (як будуть розміщуватися металеві балки) така система може бути трьох видів:

Рядові балки. Використовуються для середніх прольотів.

Торцеві балки. Їх монтують виключно на крайніх прольотах.

Тавровий тип. Такий вид використовують при наявності обладнання в приміщенні, поруч з температурними швами.

Крім перерахованих вище типів, варто також зазначити, що балки можуть відрізнятися наявністю або ж відсутністю заставних елементів, що є основою для системи. А їх пряме призначення – закріплення таких систем в положенні, яке призначене для роботи.

Що відносно відмінностей між сталевими або залізобетонними конструкціями, то обидва види призначені для постійної експлуатації і високих навантажень. Багато в чому рівень продуктивності залежить від точності розрахунку при конструюванні, а також грамотному і якісному монтажу.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Арк.
						здобувача ступеня вищої освіти «бакалавр»
3.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Стальні конструкції

Найбільш поширений тип таких балок – сталеві. Це обумовлено тим, що за умови великого періоду експлуатації, вантажопідйомність дуже висока, як і надійність. Такі конструкції монтують в нижній частині ферм, крайньої або центральної. Виходячи з прольоту промислової будівлі, визначається розмір, який буде необхідний.

При сталевих колонах, така підйомно-транспортна система, застосовна для будь-яких вантажів. Що важливо, вони можуть бути як суцільні за структурою, так і градчасті. Останній варіант, що важливо, має ряд переваг, при чому не тільки технічних, а й економічних.

Головне враховувати, що в разі різного кроку колон, а так само особливостей приміщення промислового призначення (його функціональності), варто застосовувати кілька видів балок. Крім того, за умови різного кроку колон, можна використовувати різні види кріплень, але саме для верхнього пояса.

Монтаж і виробництво

Від правильного монтажу таких металевих конструкцій, залежить дуже багато чого. І чи буде необхідна вантажопідйомність, і які будуть терміни інтенсивного користування. Тому, важливо, щоб монтаж був проведений бригадою фахівців, які зможуть врахувати всі вимоги, а також особливості приміщення, де пройде установка.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Арк.
3.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		здобувача ступеня вищої освіти «бакалавр»

***1. Вибір і обґрунтування
способів і технічних засобів
виконання стадійних процесів
формування і розпалублення***

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА здобувача ступеня вищої освіти «бакалавр»	Арк.
3.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		8

Процес формування складається з таких операцій: укладання бетонної суміші, рівномірного її розподілу по формі, ущільнення, обробки відкритої поверхні виробів, вилучення при потребі формоутворювальних елементів. Тривалість виконання всіх операцій процесу формування, або цикл формування, визначає продуктивність всієї технологічної лінії виробництва конструкцій і відповідно до норм технологічного проектування підприємств збірного залізобетону становить 12...40 хв, залежно від габаритних розмірів, конфігурації та структури виробів.

У відповідності з вихідними даними до завдання по вибору і обґрунтуванню способів і технічних засобів виконання стадійних процесів формування залізобетонної підкранової балки з ущільнення у вертикальних формах прийняті до уваги наступні вихідні характеристики:

- креслення конструкції підкранової балки БК 6-1К7-С;
- проектний клас бетону – В30;
- марка бетонної суміші – Р-1;
- об'єм бетону – 1,4 м³;
- умови експлуатації – цех виробництва азотних добрив;
- ущільнення у вертикальній формах;
- теплова обробка – відсутня;
- програма річного випуску балок – 25,8 тис.м³/рік.

У відповідності з завданням розглянуто наступні способи формування підкранових балок з ущільненням у вертикальному положенні:

1. Формування зовнішнім віброущільненням
2. Формування об'ємним віброущільненням

1.1. Укладання та розподілення бетонної суміші

Бункери з сумішшю переміщують до постів формування і тримають у потрібному положенні під час укладання мостовими кранами. Бункери використовують для укладання бетонної суміші на багатомоноклатурних неспеціалізованих технологічних лініях.

Бетонороздавачі наземні й підвісні, як і бункери, видають бетонну суміш у форми, після чого її потрібно розрівняти у формі вручну або спеціальними механізмами.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Арк.
3.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	здобувача ступеня вищої освіти «бакалавр»	9

Ефективним способом транспортування та укладання дуже рухливих і литих бетонних сумішей є система пневмоподавання, до складу якої входять камерний живильник СМЖ-136В, самохідний бетонороздавач з погашувачем СМЖ-139В та бетоновод (рис. 1.1).

Для укладання литих бетонних сумішей у горизонтальні й вертикальні форми можна рекомендувати самохідний естакадний бетонороздавач з рукавним затвором (рис. 1.2).

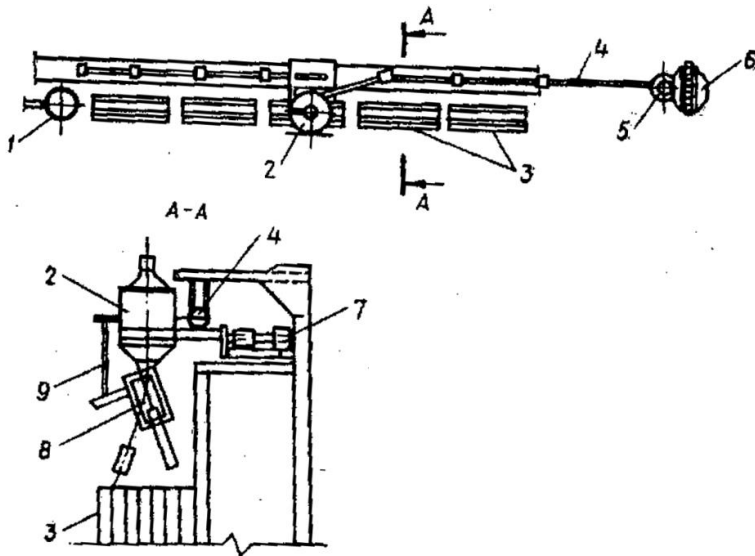


Рис. 1.1. Схема пневмоподавання бетонної суміші:
1 – приймальна камера поста промивання; 2 – самохідний бетонороздавач; 3 – касети; 4 – бетоновод; 5 – камерний живильник; 6 – бетонозмішувач; 7 – візок бетонороздавача; 8 – механізм поздовжнього пересування протічки; 9 – механізм поперечного пересування протічки.

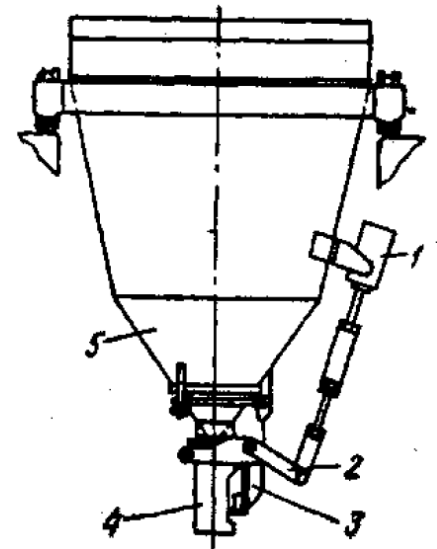


Рис. 1.2. Самохідний рукавний затвор для литої бетонної суміші:
1 – пневмопривод; 2 – важіль; 3 – нерухома гумова колодка; 4 – рукав; 5 – лійка.

1.2. Характеристика наведених способів формування

1. Механізм формування залізобетонних підкранових балок методом зовнішнього віброущільнення

Метод зовнішнього віброущільнення використовується для формування залізобетонних підкранових балок з використанням вібраційного механізму, який діє на зовнішню поверхню бетонної суміші.

Зовнішні вібраційні механізми можуть бути електричними або гідравлічними та мають вібраційні елементи, які будуть контактувати з бетонною сумішшю.

Розливають бетонну суміш в форму і розподіляють її рівномірно. Починають вібрувати зовнішніми механізмами, наводячи їх контакт з поверхнею бетону.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА здобувача ступеня вищої освіти «бакалавр»	Арк.
3.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		10

Стационарні одинарні віброформи оснащують навісними серійними зовнішніми вібраторами маятникового типу, які завдяки шарнірному кріпленню до стінок форми створюють коливання, перпендикулярні до стінки (рис. 1.3).

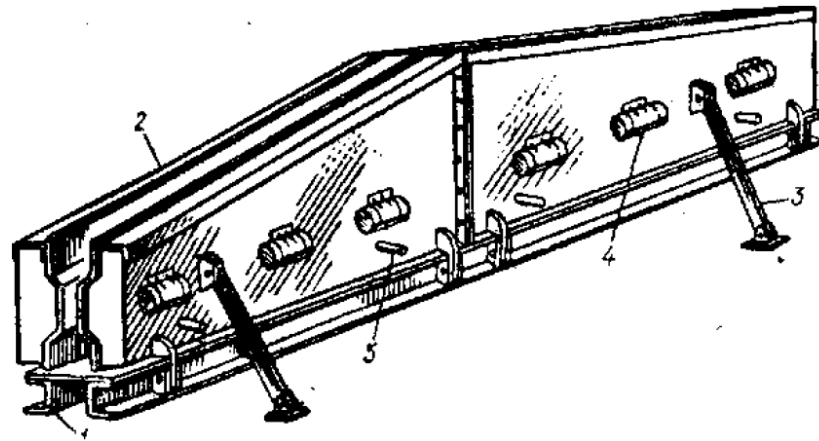


Рис. 1.3. Форма із зовнішніми вібраторами:
1 – піддон; 2 – поздовжній борт; 3 – важіль гідроприлада; 4 – вібратори; 5 – патрубки для підведення пари

Зовнішнє віброуцільнення реалізується також і в пересувних віброформах (рис. 1.4), що являють собою фрагмент бортового оснащення з вібраторами, який пересувається вздовж форми на крок, визначений зоною поширення коливань, достатніх для ущільнення суміші. Для запобігання обпливанню суміші за віброуючою частиною борта знаходиться невіброуючий борт-стабілізатор.

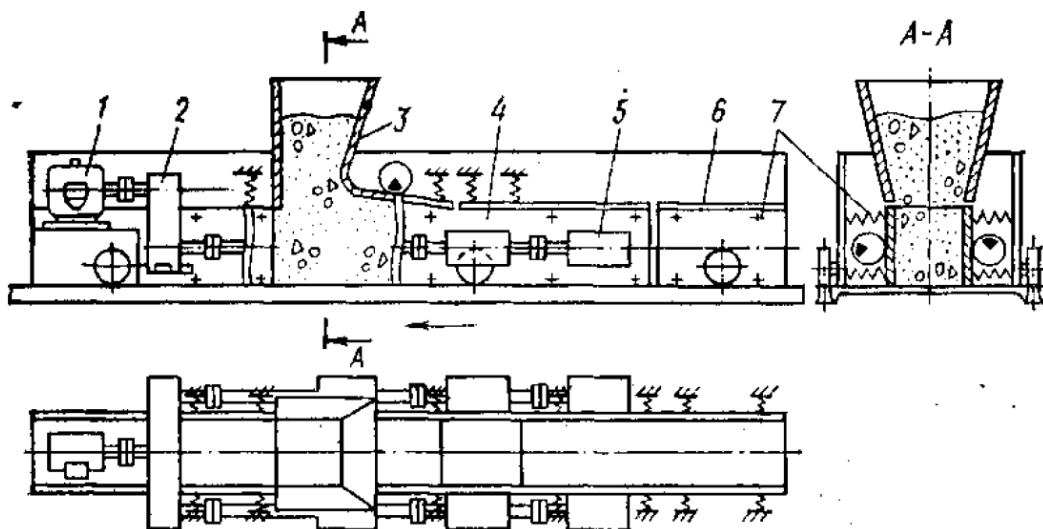


Рис. 1.4. Пересувна віброформа:
1 – електродвигун; 2 – синхронізатор; 3 – бункер; 4 – вібросекції; 5 – віброблоки; 6 – стабілізатори; 7 – пружинні підвіски

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА здобувача ступеня вищої освіти «бакалавр»	Арк.
3.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		11

2. Механізм формування залізобетонних підкранових балок методом об'ємного віброуцільнення

Характерною ознакою його є залучення до коливання маси форми і всієї маси бетонної суміші формованого виробу. Об'ємне вібрування здійснюють на віброплощадках різного принципу дії (рис. 1.5).

Віброплощадки - це універсальне формувальне обладнання для виготовлення виробів широкої номенклатури в переносних та пересувних формах.

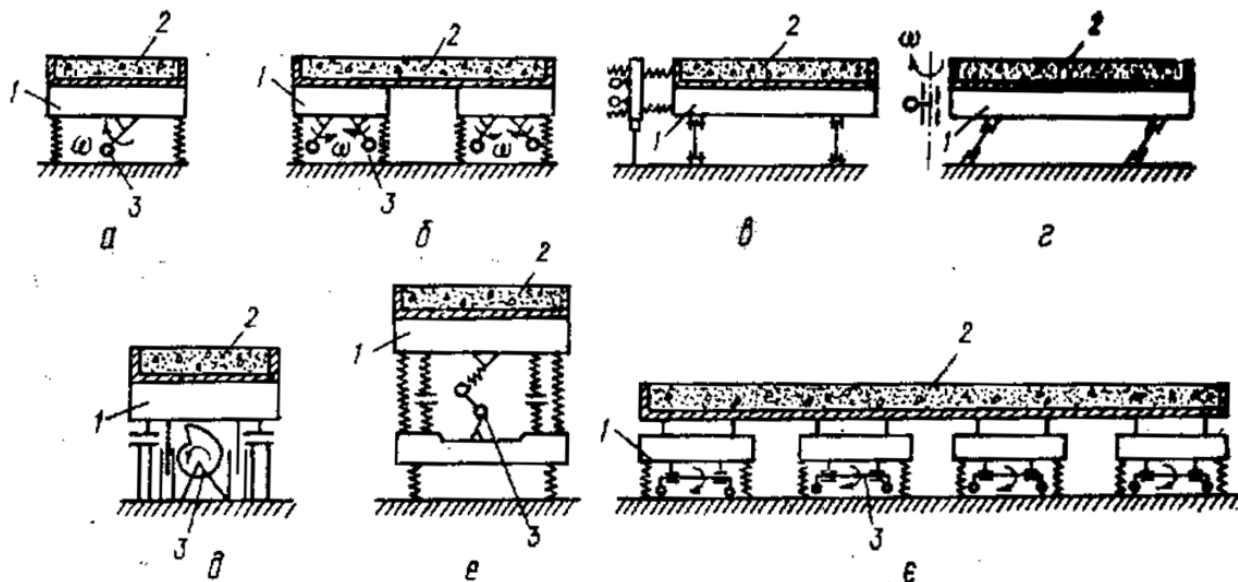


Рис. 1.5. Принципові схеми віброплощадок:

а – з круговими коливаннями; б – з вертикально напрямленими коливаннями; в – горизонтальної дії; г – з багатокомпонентними коливаннями; д – ударної (кулачкової); е – ударно-вібраційної резонансної; з – ударно-вібраційної блочної; 1 – робочий орган; 2 – форма з бетонною сумішшю; 3 – збудник коливань.

Для виготовлення довгомірних виробів невеликого поперечного перерізу з помірно жорстких сумішей доцільно використовувати площадки з горизонтальними коливаннями (рис. 1.5, в). У таких установках, що являють собою систему двох мас, коливальний рух «пасивної» маси передається формі з бетонною сумішшю, бо торець форми приєднано до вібробуджувача, встановленого на активній масі. Обидві маси з'єднані між собою пружними зв'язками, жорсткість яких повинна забезпечувати близький до резонансу режим коливань. Амплітуда горизонтальних коливань площадки 0,4...0,8 мм, частота 45...50 Гц.

Висновок: виходячи з характеристик вихідних умов і техніко-економічних характеристик розглянутих методів формування залізобетонних підкранових балок і технічних характеристик установок по їх виготовленню перевагу надано виготовленню залізобетонних підкранових балок методом зовнішнього віброуцільнення.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Арк.
3.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3. Вибір і обґрунтування способів і технічних засобів виконання стадійних процесів розпалублення

Для попередньо-напружених конструкцій характерне негайне часткове розпалублення (звільнення від бортових елементів форм).

Перед зніманням або вийманням попередньо-напружених виробів з форми здійснюється дуже відповідальна технологічна операція - передавання зусилля попереднього напруження арматури з упорів форми на бетон, тобто обтискання бетону попередньо-напруженою арматурою. Виконують її тільки після набуття бетоном передавальної міцності, яка забезпечує анкерування арматури в бетоні, зазначається в робочих кресленнях конструкції і залежить від класу бетону й виду напруженої арматури. Як правило, вона становить 70...80% проектної міцності бетону.

До моменту передавання напруження на бетон потрібно усунути внутрішні зв'язки, які перешкоджають вільному поздовжньому переміщенню виробів на стенді чи піддоні форми. Для цього виймають вкладиші та інші формоутворювальні елементи, при потребі виріб звільняють від бортового оснащення.

Способи передавання зусилля обтискання на бетон залежать від прийнятої технології, виду виробів та класу арматури і мають такі різновиди:

- одночасне відпускання натягу всіх арматурних елементів виробу домкратом після попереднього витягування кінців арматури або звільнення упорних пристроїв;
- почергове відпускання окремих елементів арматури чи їхніх груп за допомогою домкратів, спеціальних пристроїв, а також попереднім розігріванням вільних кінців арматури і перерізанням їх газовим полум'ям, електродугою тощо.

Розрізняють плавний та неплавний режими передавання натягу на бетон. Одночасне плавне відпускання натягу створює найкращі умови для обтискання бетону.

Неплавне відпускання натягу погіршує зчеплення арматури з бетоном поблизу торців конструкції.

При почерговому послідовному відпусканні натягу арматури виникає перерозподіл зусиль і деформацій, порушується зчеплення на кінцевих ділянках, що призводить до зниження тріщиностійкості та несучої здатності конструкцій.

Пристроїв та приладів для відпускання натягу арматури існує кілька видів.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Арк.
3.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		здобувача ступеня вищої освіти «бакалавр»

Виготовляючи конструкції в силових формах, пісочні пристрої розміщують у силовому піддоні, створюючи можливість плавно переміщати його торцеві частини з упорами до середини піддона.

Гвинтові пристрої рекомендують застосовувати на стендах і в силових формах при невеликих зусиллях натягання арматури. Для відпускання натягу упорні гвинти відкручують по чергово вручну гайковим ключем з важелем. При великих зусиллях натягання застосовують потужні упорні гвинти з механічним приводом.

Поворотні упори (приставки) застосовують на силових формах при електротермічному натяганні арматури. Розміщують їх у межах габаритів конструкції, що дає змогу сперти кінцеві анкери на бетон. При цьому немає потреби обрізати кінці арматури. Для відпускання натягу арматури піддон з виробом ставлять на приставки, які при цьому нахилиються, і упори зближаються.

Послідовність розпалублення попередньо-напруженої підкранової балки:

1. Перевірка витримки: Перед розпалубленням необхідно переконатися, що бетон набув достатньої міцності для того, щоб підтримувати свою форму самостійно.
2. Зняття навантаження арматури: Перш ніж розпалублювати попередньо-напружену балку, необхідно зняти будь-яке навантаження, яке може бути на неї накладене.
3. Розпалублення бічних стінок: Розпалублення починається з видалення бічних стінок, які утримують бетонну суміш та формують зовнішній профіль балки.
4. Розпалублення дна: Після видалення бічних стінок розпалублюється дно балки.
5. Перевірка інтегральності: Після розпалублення необхідно перевірити інтегральність балки, щоб впевнитися, що не виникло пошкоджень або дефектів в процесі розпалублення.
6. Збереження розпалублення: Залежно від вимог та практик будівництва, розпалублення може бути збережено для подальшого використання або повторно використано у інших проектах.

Висновок: виходячи з характеристик вихідних умов і техніко-економічних характеристик розглянутих розпалублення залізобетонних підкранових балок і технічних характеристик установок по їх виготовленню перевагу надано розпалубленню залізобетонних підкранових балок клиновими пристроями.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Арк.
3.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		здобувача ступеня вищої освіти «бакалавр»

***2. Обґрунтування вибору
добавки і заповнювачів для
бетону та розрахунок складу
бетонної суміші***

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА здобувача ступеня вищої освіти «бакалавр»	Арк.
3.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		16

2.1. Вибір сировинних матеріалів

2.1.1. Обґрунтування вибору крупного заповнювача.

Обмеження, встановлені в результаті технологічного аналізу заданої ситуації:

- максимальна крупність заповнювача $D_{\max} = 20$ мм;
- мінімальна допустима міцність породи заповнювача 1200 кг/см²;
- марка за подрібнюваністю матеріалу – Др8.

Висновок: Отже, приймаємо максимальну крупність щебеню 20 мм високої якості, міцність при стиску породи не менше 1200 кг/см² (М1200) та маркою дробимості Др8. Забруднення не більше 1% за масою (пилуваті і глинясті частинки), вміст зерен слабких порід не більше 5% , а пластинчастих і голкоподібних – не більше 35% за масою.

Властивості і показники прийнятого крупного заповнювача:

- середня густина зерен $2,5$ г/см³;
- насипна густина $1,35$ г/см³;
- міжзернова пористість $0,42$;
- якість – висока;
- вартість 1 т – 360 грн.

Властивості і показники крупного заповнювача відповідають вимогам ДСТУ Б В.2.7-75-98 «Щебінь та гравій щільні природні для будівельних виробів. Технічні умови».

2.1.2. Обґрунтування вибору дрібного заповнювача

Обмеження, встановлені в результаті технологічного аналізу:

- вид дрібного заповнювача – кварцовий пісок річковий;
- вимоги до крупності $M_K - 1,5 \dots 2,0$;
- вміст пилуватих та глинистих часток не більше 2% .

Висновок: Отже, приймаємо кварцовий пісок річковий з $M_K - 2,0$ та вмісту пилуватих і глинистих часток $\leq 2\%$.

Властивості і показники прийнятого дрібного заповнювача:

- середня густина зерна $2,65$ г/см³;
- насипна густина $1,5$ г/см³;
- пористість $V_{п.п.} = 0,4$;
- вартість 1 т – 240 грн.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА здобувача ступеня вищої освіти «бакалавр»	Арк.
3.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		17

Властивості і показники дрібного заповнювача відповідають вимогам державного стандарту ДСТУ Б В.2.7-32-95 «Пісок щільний природний для будівельних виробів і матеріалів».

2.1.3. Характеристика в'язучої речовини за вихідними даними

- В'язуче – портландцемент М500;
- Істина густина – $\rho_{ц} = 3,1 \text{ т/м}^3$
- Насипна густина – $1,2 \text{ т/м}^3$
- Тісто нормальної густини – 26%

2.1.4. Обґрунтування вибору хімічних і мінеральних добавок

Експлуатація підкранової балки в цеху виробництва азотних добрив може супроводжуватись хімічним впливом на бетон через наявність агресивних середовищ та речовин. Деякі з можливих хімічних впливів включають:

1. Контакт з агресивними речовинами: В цехах виробництва азотних добрив можуть бути присутні речовини, які можуть мати агресивний вплив на бетон. Наприклад, азотні сполуки, кислоти або лужні розчини. Ці речовини можуть проникати в пори бетону та взаємодіяти з його компонентами, що призводить до корозії арматури або інших пошкоджень бетону.
2. Корозія арматури: У цеху виробництва азотних добрив можуть бути присутні корозійні середовища, які можуть спричинити корозію сталеві арматури в бетоні. Корозія арматури може призводити до появи тріщин та деградації міцності бетону.
3. Зміна рН середовища: Деякі агресивні речовини, присутні в цеху, можуть впливати на рН середовища. Зміна рН може мати вплив на хімічні властивості бетону, зокрема на його стійкість та міцність.
4. Тепловий вплив: В цеху виробництва азотних добрив можуть бути присутні високі температури або теплові цикли. Тепловий вплив може призводити до термічних напружень та тріщин у бетоні.

Для захисту бетонної підкранової балки від хімічного впливу рекомендується застосовувати такі заходи:

- Використовувати високоміцний та стійкий до корозії бетон з додаванням добавок та арматурою зі спеціальним покриттям.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА здобувача ступеня вищої освіти «бакалавр»	Арк.
3.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		18

- Застосування захисних покриттів, таких як епоксидні або поліуретанові покриття, на поверхню бетону, які забезпечують захист від проникнення агресивних речовин.
- Регулярна інспекція та підтримка покриття, щоб переконатися в його ефективності та ремонт будь-яких пошкоджень.
- Використання розчинів та речовин, які не мають агресивного впливу на бетон, для забезпечення безпечної експлуатації підкранової балки.

За ДСТУ Б В.2.7-176:2008 маємо такі класи впливу навколишнього середовища на бетон (табл. 2.1):

Таблиця 2.1

Позначення класу (індексу)	Характеристика навколишнього середовища
ХА1	Слабо виражене агресивне хімічне середовище
ХА2	Помірно виражене агресивне хімічне середовище
ХА3	Сильно виражене агресивне хімічне середовище

Враховуючи умови експлуатації залізобетонної підкранової балки (цех виробництва азотних добрив), можливим є ризик газової корозії під впливом оксидів азоту. Як відомо, оксиди азоту утворюють кальцієві солі, що не стимулюють корозію арматури, але зв'язування портландиту знижує значення рН і визначає депасивацію сталевий арматури залізобетону. Ризик виникнення корозії тим більш посилюється під дією вуглекислоти повітря, особливо в умовах помірної або високої вологості повітря в цеху. Це вимагає рішень, спрямованих на забезпечення щільної структури бетону. Для цеху азотних добрив припускаємо, що клас впливу навколишнього середовища ХА3.

Для запобігання чи зменшення інтенсивності корозії особливо велике значення має структура отриманого конгломерату. Стійкість таким шляхом досягається завдяки ущільненню бетону при використанні активних мінеральних добавок, а також зв'язуванням вільного СаО в стійкі низькоосновні гідросилікати кальцію. При цьому зменшення загальної пористості досягається також при зниженні водоцементного відношення при виготовленні бетонної суміші шляхом введення пластифікуючих добавок (табл. 2.2).

Характеристика добавки

Назва добавки	Показник основного ефекту	Оптимальна кількість в мас.% від цементу	Вартість 1т., грн.
Elastik LS	Суперпластифікатор	0,5-1,5	28,50 грн/кг

2.2. Визначення складу бетонної суміші

2.2.1. Розрахунок складу бетонної суміші

В якості сировинних матеріалів приймаємо ПЦ I-500. Цемент має $H_T=0,26$; $\rho=3100$ кг/м³; $\gamma=1200$ кг/м³. Гранітний щебінь високої якості із $\rho_{щ}=2,5$ г/см³; $\gamma_{щ}=1350$ кг/м³. Пісок використовується з $M_{кр}=2,0$; $\rho=2,65$ г/см³; $\gamma=1550$ кг/м³. Марка бетонної суміші за пластичністю – P1.

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

1. Визначення величини водоцементного відношення:

$$\text{При } f_{cm} \leq 1,2R_{ц}, \quad \frac{B}{Ц} = \frac{A \cdot R_{ц}}{f_{cm} + 0,5 \cdot A \cdot R_{ц}}$$

$$393 \leq 1,2 \cdot 500 = 600, \quad \frac{B}{Ц} = \frac{0,65 \cdot 500}{393 + 0,5 \cdot 0,65 \cdot 500} = 0,59$$

де f_{cm} – проектна середня міцність бетону (за коефіцієнтом варіації 13,5), кг/см²; $R_{ц}$ – активність цементу, яка визначається згідно ДСТУ Б В.2.7-187:2009; A і A_1 – коефіцієнти, що залежать від якості заповнювачів.

2. Визначення водопотреби "В" бетонної суміші:

При рухливості суміші 2...4 см і щебеню крупності 20 мм, приймаємо 190 л води на 1 м³ бетонної суміші.

3. Витрата цементу "Ц" на 1 м³ бетонної суміші:

$$Ц = \frac{B}{B/Ц} = \frac{190}{0,59} = 322 \text{ кг}$$

4. Визначаємо пустотність щебеню:

$$V_{п.щ.} = 1 - \frac{\gamma_{щ}}{\rho_{щ}} = 1 - \frac{1,35}{2,5} = 0,54$$

5. Витрата щебеню на 1 м³ бетонної суміші ($\alpha = 1,34$):

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Арк.
						здобувача ступеня вищої освіти «бакалавр»
3.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\text{Щ} = \frac{1000}{\frac{V_{\text{п.щ.}} \cdot \alpha}{\gamma_{\text{щ}}} + \frac{1}{\rho_{\text{щ}}}} = \frac{1000}{\frac{0,54 \cdot 1,34}{1,35} + \frac{1}{2,5}} = 1068 \text{ кг}$$

де α - коефіцієнт розсування зерен крупного заповнювача цементним розчином в бетоні.

6. Витрати піску "П" на 1 м³ бетонної суміші:

$$\text{П} = \left[1000 - \left(\frac{\text{Ц}}{\rho_{\text{ц}}} + \frac{\text{Щ}}{\rho_{\text{щ}}} + \text{В} \right) \right] \cdot \rho_{\text{п}} = \left[1000 - \left(\frac{322}{3,1} + \frac{1068}{2,5} + 190 \right) \right] \cdot 2,65 = 739 \text{ кг}$$

де $\rho_{\text{ц}}$, $\rho_{\text{щ}}$, $\rho_{\text{п}}$ - середня густина зерен відповідно цементу, щебеню і піску.

7. Коефіцієнт виходу бетонної суміші:

$$\beta = \frac{1000}{\frac{\text{Ц}}{\gamma_{\text{ц}}} + \frac{\text{П}}{\gamma_{\text{п}}} + \frac{\text{Щ}}{\gamma_{\text{щ}}}} = \frac{1000}{\frac{322}{1,2} + \frac{739}{1,5} + \frac{1068}{1,35}} = 0,64$$

8. Розрахунок собівартості "С" матеріалів на 1 м³ бетонної суміші:

$$\begin{aligned} \text{С} &= \text{С}_{\text{ц}} \cdot \text{Ц} + \text{С}_{\text{п}} \cdot \text{П} + \text{С}_{\text{щ}} \cdot \text{Щ} + \text{С}_{\text{в}} \cdot \text{В} + \text{С}_{\text{д}} \cdot \text{Д} \\ &= 5,28 \cdot 322 + 0,24 \cdot 739 + 0,36 \cdot 1068 + 0,02 \cdot 190 + 28,5 \cdot 3,22 \\ &= 2358 \text{ грн} \end{aligned}$$

де $\text{С}_{\text{ц}}$, $\text{С}_{\text{п}}$, $\text{С}_{\text{щ}}$, $\text{С}_{\text{в}}$ і $\text{С}_{\text{д}}$ – вартість відповідно 1 кг цементу, піску, щебеню, води і добавки (Д - витрата добавки на 1 м³ бетонної суміші), в грн.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Арк.
3.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		здобувача ступеня вищої освіти «бакалавр»

***3. Розробка функціональної
транспортно-технологічної
схеми процесу формування***

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА здобувача ступеня вищої освіти «бакалавр»	Арк.
3.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		22

Функціонально-технологічна схема формування залізобетонної підкранової балки з ущільненням у вертикальних формах методом зовнішнього віброущільнення прийнято у відповідності з проведеним у розділі 1 аналізом:

- способів виготовлення балок у вертикальному положенні;
- вихідних характеристик матеріалів і бетонної суміші при виготовленні балки;
- конструкції балки;
- сфери застосування балок.

Перелік операцій стадійного процесу формування:

1. Збирання форми та кріплення до неї зовнішніх вібраторів.
2. Заповнення бункера бетоноукладчика бетонною сумішшю.
3. Укладання бетонної суміші.
4. Ущільнення бетонної суміші.
5. Обробка відкритої поверхні

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА здобувача ступеня вищої освіти «бакалавр»	Арк.
3.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		23

Бетонна суміш

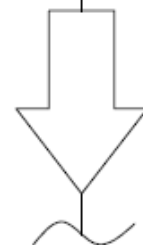
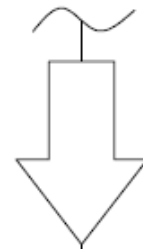
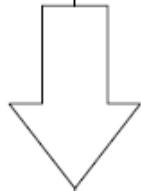


Рис. 3.1. Функціональна транспортно-технологічна схема формування залізобетонної підкранової балки з ущільненням у вертикальних формах методом зовнішнього віброущільнення процесу формування

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА здобувача ступеня вищої освіти «бакалавр»	Арк.
3.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		24

***4. Вибір дозаторів і змішувачів
для виготовлення бетонної
суміші і розрахунок їх
кількості***

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА здобувача ступеня вищої освіти «бакалавр»	Арк.
3.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		25

Для визначення типів дозаторів і змішувачів та розрахунку їх кількості, у відповідності з завданням, прийняті такі вихідні параметри:

- проектний клас бетону – В30;
- марка бетонної суміші – Р1;
- об'єм бетону – 1,4 м³;
- склад бетонної суміші:
 - цемент – 322 кг/м³;
 - щебінь – 1068 кг/м³;
 - пісок – 739 кг/м³;
 - вода – 190 кг/м³;
 - добавка – 1% від маси цементу;
 - В/Ц – 0,59;
- програма річного випуску балок – 25,8 тис.м³/рік.

Згідно норм технологічного проектування для дозування цементу, піску і щебеню приймаємо вагові дозатори. Для дозування води і добавки, з метою забезпечення високої якості бетонної суміші і стабільності її властивостей в часі, може бути використаний дозатор вагового типу. Конкретний тип/марки дозаторів приймаються за розрахунками, виходячи з годинної продуктивності бетонозмішувального цеху відповідно вихідним матеріалам.

Розрахунок годинної продуктивності бетонозмішувального цеху відносно вихідним матеріалам

1. Визначення годинної потреби в бетонній суміші, виходячи з програми річного випуску балок:

$$P_{\text{год}} = \frac{P_{\text{річ}}}{V_{\text{річ}}} = \frac{25800}{3770} = 6,84 \text{ м}^3$$

де: $P_{\text{річ}}$ – програма річного випуску труб, м³/рік;

$V_{\text{річ}}$ – годинний фонд робочого часу, год.; $V_{\text{річ}} = n \cdot t \cdot n_1 \cdot k = 247 \cdot 8 \cdot 2 \cdot 0,954 = 3770$ год.

де: n – кількість робочих днів за рік (2022 рік); t – тривалість робочої зміни;

n_1 – кількість робочих змін за добу; k – коефіцієнт використання робочого часу;

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Арк.
3.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		здобувача ступеня вищої освіти «бакалавр»

2. Визначення годинної потреби в вихідних матеріалів, виходячи з годинної потреби в бетонній суміші.

У відповідності з наведеним складом бетонної суміші приймаємо середню густину бетонної суміші $\gamma_{\text{сер}} = 322 + 1068 + 739 + 190 = 2319$ кг

Визначення годинної потреби в вихідних матеріалах, кг:

$$Ц_{\text{год}} = 6,84 \cdot 322 = 2202,48 \text{ кг}$$

$$Щ_{\text{год}} = 6,84 \cdot 1068 = 7305,12 \text{ кг}$$

$$П_{\text{год}} = 6,84 \cdot 739 = 5054,76 \text{ кг}$$

$$В_{\text{год}} = 6,84 \cdot 190 = 1299,6 \text{ кг}$$

$$Д_{\text{год}} = 6,84 \cdot 3,22 = 22,02 \text{ кг}$$

Виходячи з розрахункових показників та даних довідкових джерел приймаємо:

1. Ваговий дозатор циклічної дії для цементу – АД-400 БЦ.

Технічні характеристики дозатора:

- найбільша межа дозування - 400 кг;
- найменша межа дозування - 150 кг;
- похибка дозування - +/- 0,5%.

2. Ваговий дозатор циклічної дії для щебеню – АД-800-2БЦ

Технічні характеристики дозатора:

- найбільша межа дозування - 800 кг;
- найменша межа дозування - 120 кг;
- похибка дозування - +/- 1,0%.

3. Ваговий дозатор циклічної дії для піску – АД-500-2БП

Технічні характеристики дозатора:

- найбільша межа дозування - 500 кг;
- найменша межа дозування - 150 кг;
- похибка дозування - +/- 1,0%.

4. Ваговий дозатор циклічної дії для води – АД-200-БЖ

Технічні характеристики дозатора:

- найбільша межа дозування - 200 кг;
- найменша межа дозування - 60 кг;
- похибка дозування - +/- 0,5%.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Арк.
3.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		здобувача ступеня вищої освіти «бакалавр»

5. Ваговий дозатор циклічної дії для хімічних добавок – АД-30-БЖ

Технічні характеристики дозатора:

- найбільша межа дозування - 30 кг;
- найменша межа дозування - 4 кг;
- похибка дозування - +/- 0,5%.

Вибір змішувачів для виготовлення бетонної суміші і розрахунок їх кількості

Згідно з вихідними показниками бетонна суміш відноситься до помірно рухливих сумішей. Необхідно врахувати підвищені вимоги до якості і стабільності в часі характеристик бетонної суміші при виготовленні балок. Виходячи з цих положень приймаємо циклічні бетонозмішувачі примусової дії.

Розрахунок кількості бетонозмішувачів

1. Визначення годинного об'єму бетонної суміші

$$P_{\text{год}} = \frac{P_{\text{річ}}}{V_{\text{річ}}} = \frac{25800}{3770} = 6,84 \text{ м}^3$$

2. Вибір марки бетонозмішувача примусової дії

Згідно літературних джерел приймаємо циклічний бетонозмішувач примусової дії СБ-16Б

Технічні характеристики дозатора:

- об'єм готового замісу – 330 л;
- місткість за завантаженням – 500 л;
- кількість циклів за годину – 40.

3. Об'єм замісу бетонної суміші за годину

$$V_{\text{год}} = V_{\text{зам}} \cdot n = 0,33 \cdot 40 = 13,2 \text{ м}^3$$

де: $V_{\text{зам}}$ – об'єм одного замісу;

n – кількість циклів за годину.

4. Розрахунок кількості бетонозмішувачів

$$N = \frac{P_{\text{год}}}{V_{\text{год}}} = \frac{6,84}{13,2} = 0,52 \text{ шт.} \approx 1 \text{ шт.}$$

Виходячи з нормативних вимог по необхідності - мати резервний бетонозмішувач, в кінцевому підсумку приймаємо 2 циклічних бетонозмішувача примусової дії СБ-16Б.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Арк.
3.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		здобувача ступеня вищої освіти «бакалавр»

***5. Визначення планового такту
випуску продукції та
складання операційної
нормалі***

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА здобувача ступеня вищої освіти «бакалавр»	Арк.
3.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		29

Плановий такт випуску продукції, як середній інтервал часу, через який випускається одиниця продукції згідно з плановим завданням визначається за формулою:

$$R = \frac{V_p}{N} = \frac{242880}{18429} = 13,18 \text{ хв.}$$

де V_p – розрахунковий фонд робочого часу в плановому періоді, год; хв.;

N – програма випуску продукції в плановому періоді, шт.

Відповідно до норм проектування, фонд робочого часу визначається як показник, що враховує дійсний фонд часу, який відведений для роботи (260 днів) за виключенням часу на проведення планово-попереджувальних ремонтів ($T_{ппр}=7$ діб), який передбачений для агрегатного способу виготовлення продукції, використання якого обґрунтовано в першому розділі. Окрім того, робота по виготовленню залізобетонної балки здійснюється в 2 зміни по 8 годин. Тоді

$$V_p = (260 - T_{ппр}) \cdot 2 \cdot 8 \cdot 60 = (260 - 7) \cdot 2 \cdot 8 \cdot 60 = 242880 \text{ хв.}$$

За завданням річна програма випуску балок становить 25,8 тис.м³.

Для визначення програми випуску продукції в кількості балок за рік (штук) об'єм бетону річної програми ділимо на об'єм бетону, який міститься в одній балці:

$$N = \frac{25800}{1,4} = 18428,57 \approx 18429 \text{ шт.}$$

Плановий такт випуску продукції становить 13,18 хвилин на одиницю продукції.

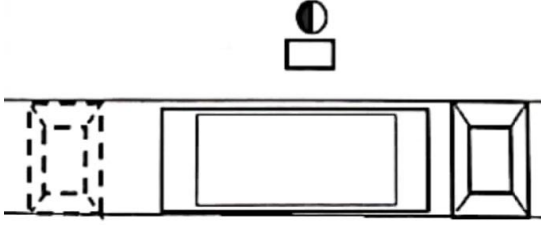
№ операції	Операція	Обладнання та інструмент	Професія, розряд	Норма на одиницю вимірюв.			Поточний час, хв																
				Кільк. робітн.	Трудо-містк., люд.-хв	Трив. виконання	T _ц =15,4 хв																
							1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
1	Збирання форми та кріплення до неї зовнішніх вібраторів	Вручну	Формувальник 4го розряду	1	4,2	4,2	█	█	█	█	█												
2	Заповнення бункера бетоноукладчика бетонною сумішшю	Бункер роздачі б/с	Оператор 3го розряду	1	1,4	1,4						█											
3	Укладання бетонної суміші	Бетоноукладач	Оператор 4го розряду	1	1,4	1,4							█										
4	Ущільнення бетонної суміші	Зовнішні вібратори	Формувальник 4го розряду	1	3,5	3,5								█	█	█							
5	Обробка відкритої поверхні	Вручну	Формувальник 4го розряду	1	4,9	4,9															█	█	█

Рис. 5.1. Поопераційний графік процесу формування

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Арк.
3.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Операційна нормаль процесу формування

Найменування операції: укладання і ущільнення бетонної суміші

<p>Схема організації робочого місця</p> 	<p style="text-align: center;">Технічні умови</p> <p>Час від вивантаження бетонної суміші зі змішувача до укладання у форму не повинен перевищувати 35 хв. Бетонна суміш укладається за кілька проходів бетоноукладача рівномірно по формі. Тривалість укладання бетонної суміші не повинна перевищувати термін схвачування цементу. Ущільнення виконують зовнішньою віброформою. Режим віброущільнення повинен забезпечувати коефіцієнт ущільнення бетонної суміші не менше 0,98. Ущільнення бетонної суміші повинно виконуватись до виділення цементного молочка.</p> <p style="text-align: center;">Умови техніки безпеки</p> <p>Дотримання правил охорони праці. Працівники повинні працювати в спецодязі та касках. При ущільненні бетонної суміші методом зовнішнього віброущільнення чіпати та доторкатися до віброформи, що вібрується, не дозволяється. Формувальник під час формування знаходиться біля пульта керування постом. Розрівнювати вручну бетонну суміш у формі дозволяється після віддалення бетоноукладача з зони укладання на відстань не менш 3 м.</p>
---	---

Елементи операції	Виконавці			Трудо-місткість люд/год.	Обладнання та інструмент	Контроль
	К-сть	Професія	Розр.			
Збирання форми та кріплення до неї зовнішніх вібраторів	1	Формувальник	IV	4,2	Вручну	Виконавець робіт відповідає за якість виконання робіт. Якість укладання і ущільнення бетонної суміші контролює майстер цеху і контролер ВТК, періодичність контролю – кожний виріб
Заповнення бункера бетоноукладача бетонною сумішшю	1	Оператор	III	1,4	Бункер роздачі	
Укладання бетонної суміші	1	Оператор	IV	1,4	Бетоноукладач	
Ущільнення бетонної суміші	1	Формувальник	IV	3,5	Зовнішні вібратори	
Обробка відкритої поверхні	1	Формувальник	IV	4,9	Вручну	

Список використаних джерел

1. Русанова Н.В. Технологія бетонних і залізобетонних конструкцій. Н.Г. Русанова, П.П. Пальчик, Л.Н. Рижанкова - К.: Вища школа, 1994. – 335 с.
2. Майстренко А.А. Нормативи часу на виготовлення залізобетонних виробів: методичні вказівки до виконання завдання для студентів, які навчаються за напрямом підготовки 6.060101 «Будівництво» / А.А. Майстренко, Є.М. Петрикова, Л.М. Рижанкова.– К.: КНУБА, 2016. – 40 с.
3. Гоц В.І. Бетони і будівельні розчини: підручник / В.І. Гоц, В.В. Павлюк, П.С. Шилюк ; – Вид.2-е, переробл. і доп. – Київ : Основа, 2016. – 568 с.
4. Троян В.В. Добавки для бетонів і будівельних розчинів: навчальний посібник. / В.В. Троян. – Ніжин: ТОВ «Видавництво» «Аспект-Поліграф», 2010. – 228 с.
5. Кондращенко О. В. Конспект лекцій з курсу «Корозія та захист будівельних матеріалів та конструкцій» / О. В. Кондращенко ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2016. – 85 с.
6. Технологія зв'язаного азоту: курс лекцій: навч. посіб., ОПП «Хімічні технології неорганічних речовин та водоочищення» / А.Л. Концевой, С.А. Концевой ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 293 с.
7. ДСТУ Б В.2.7-176:2008. Суміші бетонні та бетон. Загальні технічні умови.
8. ДСТУ Б В.2.7-215:2009. Бетони. Правила підбору складу.
9. ДСТУ Б В.2.7-75-98. Щебінь та гравій щільні природні для будівельних виробів. Технічні умови.
10. ДСТУ Б В.2.7-32-95. Пісок щільний природний для будівельних виробів і матеріалів.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА здобувача ступеня вищої освіти «бакалавр»	Арк.
3.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		32