МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра будівництва та професійної освіти

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

до виконання курсового проєкту

«Технологічні лінії з виробництва залізобетонних виробів»
здобувачами вищої освіти ступеня магістра
зі спеціальності G 19 Будівництво та цивільна інженерія
за освітньо-професійною програмою
Технології будівельних конструкцій, виробів і матеріалів
галузі знань G Інженерія, виробництво та будівництво

Полтава

2026

Методичні рекомендації до виконання курсового проєкту «Технологічні лінії з виробництва залізобетонних виробів» здобувачами вищої освіти ступеня магістра зі спеціальності зі спеціальності G19 Будівництво та цивільна інженерія за освітньо-професійною програмою Технології будівельних конструкцій, виробів і матеріалів галузі знань G Інженерія, виробництво та будівництво. Полтава: ПДАУ, 2026. 30 с.

Автори:

Бондар Людмила, доцент кафедри будівництва та професійної освіти, кандидат технічних наук, доцент;
Попович Наталія, доцент кафедри будівництва та професійної освіти, кандидат технічних наук;
Шульгін Володимир, професор кафедри будівництва та професійної освіти, кандидат технічних наук, доцент.

Відповідальний за випуск:

Муравльов Володимир голова ради з якості вищої освіти спеціальності G19 Будівництво та цивільна інженерія

Рецензент:

Біда Сергій, доцент кафедри будівництва та професійної освіти, кандидат технічних наук, доцент.

Методичні рекомендації до виконання курсового проєкту із дисципліни «Технології будівельних конструкцій» здобувачами вищої освіти ступеня магістра зі спеціальності зі спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія за освітньо-професійною програмою Технології будівельних конструкцій, виробів і матеріалів галузі знань 19 Архітектура та будівництво обговорені і схвалені на засіданні кафедри будівництва та професійної освіти 1.09.2026 р., протокол № 1.

Методичні рекомендації до виконання курсового проєкту із дисципліни «Технології будівельних конструкцій» здобувачами вищої освіти ступеня магістра зі спеціальності зі спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія за освітньо-професійною програмою Технології будівельних конструкцій, виробів і матеріалів галузі знань G Інженерія, виробництво та будівництво рекомендовано до друку Радою з якості вищої освіти спеціальності G 19 Будівництво та цивільна інженерія 1.09.2025 р., протокол № 1.

© Бондар Л., 2026;
© Попович Н., 2026;
© Шульгін В., 2026

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Курсовий проект «Технології будівельних конструкцій» здобувачами вищої освіти ступеня магістра зі спеціальності зі спеціальності G19 Будівництво та цивільна інженерія за освітньо-професійною програмою Технології будівельних конструкцій, виробів і матеріалів галузі знань G Інженерія, виробництво та будівництво. Виконання проєкту закріплює та узагальнює знання, які студенти отримали під час аудиторних занять.

Курсове проєктування повинно навчити студентів роботі з довідковою літературою, державними та міжнародними стандартами, нормами, вміло поєднуючи їх з теоретичними знаннями, отриманими в процесі вивчення теоретичних положень відповідної дисципліни.

Мета курсового проекту - закріплення теоретичних знань студента та вироблення його практичних навичок у проектуванні.

Об'єктом курсового проектування може бути технологічна лінія або цех з виробництва збірних залізобетонних виробів та конструкцій.

Компетентності та програмні результати навчання для ОК 3 «Технологічні лінії з виробництва залізобетонних виробів» згідно із освітньо-професійною програмою Технології будівельних конструкцій, виробів і матеріалів галузі знань G Інженерія, виробництво та будівництво наступні:

ІК Здатність розв’язувати складні задачі і проблеми в галузі будівництва, що передбачають дослідження та/або здійснення інновацій та характеризуються невизначеністю умов та вимог.

ЗК 01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу;

ЗК 04. Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми.

СК01. Здатність інтегрувати спеціалізовані концептуальні знання в галузі будівництва та цивільної інженерії, у поєднанні з дотриманням чинних нормативно-правових документів для вирішення складних інженерних задач.

СК02. Здатність використовувати нормативну документацію при розв’язанні конкретних інженерно-технічних рішень за спеціальністю.

СК05. Здатність проєктувати технологічні лінії з виготовлення будівельних конструкцій, виробів і матеріалів.

СК06. Здатність самостійно виконувати розрахунки при проєктуванні та реконструкції підприємств будівельної індустрії або технологічних ліній із виготовлення будівельних конструкцій, виробів і матеріалів.

РН01. Проводити проєктування або реконструкцію підприємств будівельної індустрії, з метою прийняття раціональних проєктних та технічних рішень, враховуючи особливості об’єкта будівництва та впровадження заходів з ресурсо- та енергозбереження.

РН04. Застосовувати спеціалізовані знання для виготовлення будівельної продукції, яка відповідає національним і європейським стандартам.

РН05. Раціонально вибирати технології, обладнання і матеріали для вирішення завдань будівництва.

РН06. Призначати методи регулювання технологічних процесів при мінімальних витратах матеріальних і енергетичних ресурсів при виготовленні будівельних конструкцій, виробів і матеріалів.

РН10. Збирати, аналізувати та оцінювати необхідну інформацію, використовуючи науково-технічну літературу, бази даних та інші джерела.

У процесі виконання курсового проєкту студент розвиває здібності щодо створення технологічних ліній, інженерної творчості, раціоналізації та винахідництва, отримує навички роботи із довідковою літературою, вміння користуватись таблицями, графіками. На курсове проєктування «Технологічні лінії з виробництва залізобетонних виробів» відводиться 90 годин навчального навантаження, що відповідає 3 кредитам ЄКТС.

1. ТЕМАТИКА КУРСОВОГО ПРОЄКТУ

Тематика курсового проєкту безпосередньо пов'язана із компетентностями, відповідними результатами навчання, що регламентовані освітньо-професійною програмою Технології будівельних конструкцій, виробів і матеріалів спеціальність 192 Будівництво та цивільна інженерія вивчає проєктування технологічної лінії з виробництва залізобетонних виробів різної номенклатури. Наприклад, тема може мати наступний вид: «Проектування технологічної лінії у складі заводу залізобетонних виробів і конструкцій по виробництву залізобетонного виробу: Плита перекриття».

2. ПРИНЦИП ОБРАННЯ ТЕМИ КУРСОВОГО ПРОЄКТУ

Тему здобувачі вищої освіти обирають самостійно за погодженням із призначеним керівником проєкту. За обраною темою курсового проєкту складається відповідне технічне завдання за підписом студента та керівника.

Пояснювальна записка повинна містити всі необхідні розрахунки, що мають бути розроблені та супроводжені розрахунковими схемами або необхідними ілюстраціями (за потреби), а також обґрунтування та пояснення щодо прийнятих технологічних рішень.

Графічна документація (1 аркуш формату А1) має складатися із складального кресленика схеми технологічної лінії виробництва , а також структури та змісту технологічних операцій механічної обробки цієї деталі.

3. СКЛАД ТА ОБСЯГИ КУРСОВОГО ПРОЄКТУ

Курсовий проєкт повинен складатися з пояснювальної записки та графічної частини. Курсовий проєкт повинен мати обсяг близько 30-50 сторінок у редакторі MS Word (гарнітура Times New Roman, 14 пт, міжрядковий 1,5 інтервал), а також графічну частину в обсязі 1 аркуша формату А1.

Зміст розрахунково-пояснювальної записки:

Вступ

1. Вихідні дані

1.1 Склад підприємства
1.2 Характеристика продукції
1.3 Сировинні матеріали
1.4 Режим роботи технологічної лінії

2. Технологічна частина

2.1 Вибір технології та способу виробництва
2.2 Розрахунок складу бетону
2.3 Технологічна схема виробництва
2.4 Потреба в сировинних матеріалах
2.5 Технологія процесів виробництва
2.6 Характеристика технологічного обладнання
2.7 Основні технологічні параметри виробництва
2.8 Розрахунок виробничих площ

2.9 Контроль якості продукції

3. Охорона праці та безпека життєдіяльності

Література

Вступ повинен містити короткі відомості про історію й рівень розвитку індустрії збірних бетонних та залізобетонних виробів і конструкцій, тенденцію ' розвитку на близьку і далеку перспективу.

1. Вихідні дані

1.1 Склад підприємства

У цьому підрозділі даються відомості в цілому про завод або підприємство, до складу якою входить технологічна лінія або цех, що проектується. Подається перелік основних цехів, допоміжних виробничих підрозділів підприємства, які обслуговують та забезпечують роботу нової технологічної лінії.

1.2 Характеристика продукції

У пояснювальній записці характеризується базовий виріб (із посиланням на серію та альбом) з точки зору його конструктивних і технологічних особливостей, умов його виготовлення, транспортування й монтажу.

Основні технічні вимоги до виготовлення залізобетонних виробів регламентуються ДСТУ Б.В. 2.6.- 2:2009 « Вироби бетонні і залізобетонні».

У технологічній карті графічної частини проекту наводяться: Опалубне креслення виробу з геометричними розмірами, їх допусками, арматурними елементами, показниками на виріб та 1м^3 бетону тощо [9, 13, 14, 15, 16, 19].

1.3 Сировинні матеріали

Згідно з діючими нормативними документами (ДСТУ, ДБН, ТУ тощо) наводяться основні вимоги до якості сировинних матеріалів для приготування бетонних сумішей (цемент, пісок, щебінь або гравій, вода), вимоги до мастил для змащування форм, характеристики арматурних сталей, комплектуючих матеріалів та напівфабрикатів [8, 10, 11, 12].

Дається оцінка місцевим сировинним матеріалам (якщо вони наводяться в завданні до проектування), тобто визначається відповідність їх якості вимогам діючих нормативних документів.

У цьому підрозділі наводяться також необхідні для проектування дані про будівельну кліматологію, роза вітрів у районі будівництва, мінімальна, максимальна та середня за рік температура зовнішнього повітря тощо.

1.4 Режим роботи технологічної лінії

Призначається з урахуванням вимог

Номінальний або режимний фонд робочого часу за рік визначається за формулою

$$Ф_Н = Ф_К - (В + С), \quad (1)$$

де $Ф_к$ - календарний річний фонд робочого часу, днів ($Ф_к$ = 365 днів);

В - кількість вихідних днів іа рік;

С - кількість святкових днів за рік.

Кількість розрахункових робочих днів за рік згідно із ДБН А.3.1-8-96

$$Ф_н = 260 \text{ днів}.$$

Річний дійсний (плановий) фонд часу роботи основного технологічного обладнання приймається рівним

$$Ф_д = Ф_н - N_{ппр} \quad (2)$$

де $N_{ппр}$ - кількість днів за рік на виконання планово-попереджувальних ремонтів технологічного обладнання. $N_{ппр}$ залежить від способу виготовлення виробів:

потоково-агрегатна, стендова та касетна технологія - 7 днів, ($Ф_д$ = 262 -7 = 255 днів);

конвеєрна технологія - 13 днів, ($Ф_д$ = 262 - 13 = 249 днів);

бетонно-розчиновий цех - 7 днів, (**$Ф_д$** = 262 - 7 = 255 днів).

Коефіцієнт використання основного технологічного обладнання при:

потоково-агрегатній, стендовій та касетній технології – $K = \frac{Ф_д}{Ф_н} = \frac{255}{262} = 0{,}973$

конвеєрній технології – $K = \frac{Ф_д}{Ф_н} = \frac{249}{262} = 0{,}950$

бетонно-розчиновий цех – $K = \frac{Ф_д}{Ф_н} = \frac{255}{262} = 0{,}973$

Згідно з ДБН А.3.1-8-96 кількість робочих днів за рік по вивантаженню сировинних матеріалів із залізничного транспорту - 365 днів; кількість робочих змін за добу без теплової обробки -2(16 годин) або 3 (23 години); кількість робочих змін за добу для теплової обробки - 3; тривалість робочої зміни - 8 годин.

2. Технологічна частина

2.1 Вибір технології та способу виробництва

Аналізуються можливі способи виготовлення виробу чи конструкції. Визначаються основні техніко - економічні показники (ТЕП) виготовлення за цими способами. Порівнюються ТЕП щонайменше двох способів виробництва і вибирається оптимальна технологія виробництва базового виробу.

Допускається в курсовому проекті спрощений метод вибору способу виробництва за укрупненими статистичними показниками виробничого досвіду [19,20].

2.2 Розрахунок складу бетону

Використовуючи метод абсолютних об'ємів, виконують підбір складу важкого бетону для заданої конструкції [1,2,]. Визначення складу легкого бетону виконується відповідно до розрахунково - експериментального методу [2, 3, 4]. Підбір складу бетонів може виконуватись із використанням пластифікуючих добавок або без них [20].

Залежно від виду виробу та способу ущільнення бетонної суміші визначається необхідна марка бетонної суміші за легкоукладністю, а за ними - її рухливість (ОК) або жорсткість (Ж) [4, 17, 20 дод. табл. 9].

Вид та марка цементу визначається залежно від марки бетону та умов його твердіння [18, дод. табл. 10].

Характеристика заповнювачів для бетону приймається із підрозділу 1.3. За результатами підрахунку складу наводиться номінальний лабораторний та польовий склад бетону (з урахуванням вологості заповнювачів). Номінальний склад наводиться за масою та об'ємом складових матеріалів, визначається коефіцієнт виходу готової бетонної суміші та витрата матеріалів на один заміс бетонозмішувача.

2.3 Технологічна схема виробництва

Вона являє собою графічно зображену послідовність і взаємозв'язок у виконанні всіх технологічних операцій процесу виготовлення виробу чи конструкції від розпалублення попереднього виробу до складу готової продукції [7, 9, 20].

У технологічній схемі не наводяться засоби механізації, склад виконавців, умови техніки безпеки чи способи виконання технологічних операцій. Технологічна схема є основою для описання прийнятої технології виробництва.

2.4 Потреба в сировинних матеріалах

Потреба технологічної лінії в сировинних матеріалах та енергоресурсах визначається з урахуванням заданої (директивної) або фактичної продуктивності технологічної лінії, існуючих норм витрат чи вимог норм технологічного проектування [18, 19, 20]. При визначенні потреби в бетонній суміші за видами, марками та її складових ураховують проектний склад бетонної суміші. Потреба в арматурній сталі, закладних деталях, мастилах для змащування форм визначається залежно від характеристики виробу. Витрату енергоресурсів, мастил, добавок визначають за нормами технологічного проектування [18].

Потреба виробництва в сировинних матеріалах та енергетичних ресурсах наводиться в табл. 1

Таблиця 1 Потреба виробництва в сировинних матеріалах та енергоресурсах

№ п/п	Назва сировинних матеріалів або енергоресурсів	Одиниця виміру	Потреба в сировинних матеріалах та енергоресурсах			
			рік	добу	зміну	годину

2.5 Технологія процесів виробництва

У цьому підрозділі пояснювальної записки описується виконання технологічних процесів усього циклу виготовлення виробу чи конструкції. Текст опису повинен бути повним, але не дуже детальним, а також відповідати наведеній вище технологічній схемі.

Підготовка форм. Включає процеси очищення і змащування форм. Наводиться вибраний спосіб очищення піддону та бортів форми (ручний чи механічний), інструменти чи обладнання, організація робочого місця, виконавці.

Вибирається вид і склад мастил. Ними можуть бути водні суспензії, водо -масляні емульсії чи масляні мастила. Наводяться їх властивості, галузь застосування, спосіб приготування і нанесення на поверхні форм. Інструменти та обладнання, організація робочого місця й виконавці [15,16, 17 дод. табл. 1].

Армування виробів та конструкцій із звичайною (ненапруженою) арматурою здійснюють установленням у підготовлену форму в проектне положення готових просторових каркасів із закладними деталями, монтажними петлями та іншими елементами або встановленням окремо плоских каркасів і сіток, окремих стержнів, монтажних петель та закладних деталей з їх збиранням і закріпленням у формі.

До поста армування арматурні вироби доставляють з арматурного цеху електрокарами, самохідними візками або автотранспортом. Арматурні вироби масою до 50 кг установлюють у форму вручну. А вироби масою більше ніж 50 кг - за допомогою крана.

Контролюють проектне розміщення арматури, закладних деталей та товщину захисного шару бетону. Характеризується організація робочого місця і склад виконавців.

Попередньо напружені залізобетонні вироби та конструкції виготовляють із натягуванням арматури механічним або електротермічним способами. Арматура може

натягуватись із попереднім напруженням на опори форм чи стендів до бетонування або на бетон конструкції після його тверднення.

Для попереднього напруження використовують стержневу, дротову та канатну арматуру. Дротова арматура може бути у вигляді окремих струн, пучків або пакетів, канатна - у вигляді окремих пасом або канатів із високоміцного дроту.

Механічний спосіб напружування арматури. Для попереднього напружування арматури використовують принцип осьового розтягування арматурних елементів за допомогою натяжних машин: гідравлічних домкратів при лінійному армуванні або арматурно-навивочних машин при безперервному армуванні арматурним дротом чи канатами.

Попереднє напруження арматури механічним способом передбачає визначення необхідної довжини заготовки арматурних елементів з анкерними пристроями, необхідного зусилля натягування, ходу поршня й абсолютного подовження арматури та вибір гідравлічного домкрата. Схеми механічного натягування арматури наведені на рис. 1.

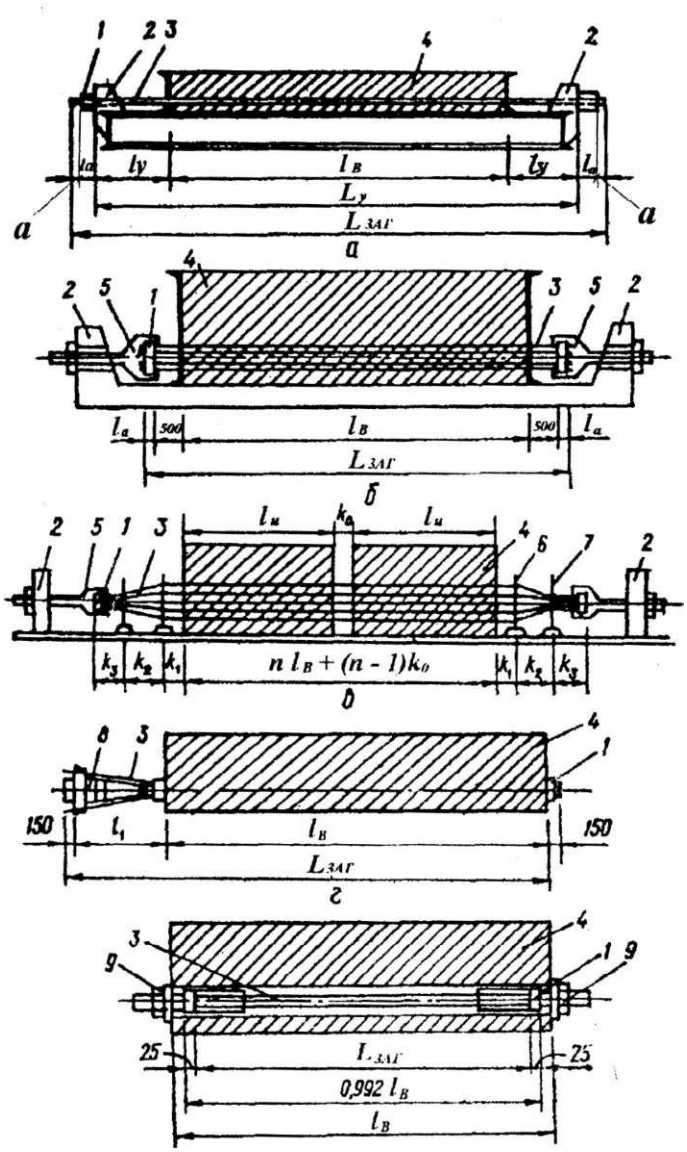


Рис 1. Схеми для розрахунку довжини заготовки при механічному натягуванні арматури:
а – на упори форми; б – на упори короткого стенда; в – на упори довгого стенда; г – на бетон з використанням конічного анкера; д – на бетон з використанням гільзового анкера. 1 – затискач; 2 – упори; 3 – напружувана

арматура; 4 – виріб; 5 – захват із тягою; 6 – розподіляюча муфта; 7 – направляюча діафрагма; 8 – домкрат; 9 – фіксуюча гайка.

Довжина арматурних заготовок із стержнів, дроту (струн) чи пучків дроту при натягуванні на упори форм повинна бути більшою ніж відстань між зовнішніми гранями упорів і визначатись за формулою (рис. 1, а)

$$L_{заг} = 1_б + 2\,l_у + 2\,l_а + 2а, (мм), \quad (3)$$

де $l_в$ - довжина виробу, мм;

$l_у$ - відстань від торцевої грані виробу до зовнішньої грані упора форми, мм, ($I_у$ = 100 - 150 мм);

$l_а$ - довжина арматурного елемента, необхідна для утворення захвату, мм, ($1_а = 2{,}5d_а$);

а - запас довжини арматурного елемента, мм, (а = 5 -10 мм).

При натягуванні арматури на упори короткого чи довгого стенда, де використовуються інвентарні тяги із захватами, довжина заготовки повинна бути меншою, ніж відстань між упорами стенда.

Для короткого стенда (рис. 1, б)

$$L_{заг} = l_б + 21_а + (800...\ 1000), (мм), \quad (4)$$

де $l_а$ - ширина затискача арматурного пакета, мм, ($1_а$ = 200 - 300 мм).

Для довгого стенда (рис. 1, в)

$$L_{заг} = n\,1_б + (n - 1)\,К_0 + 2К_1 + 2К_2 + 2К_3, (мм), \quad (5)$$

де n - кількість виробів на стенді, шт.;

$К_о$ - відстань між виробами, мм, ($К_о$ = 150... 200);

$К_1$ = 200 мм; $К_2$ = 300 мм; $К_3$ = 300 мм.

Довжина пучків при натягуванні на затверділий бетон і закріпленні конічним клиновим анкером повинна бути більшою від довжини виробу (рис. 1, г).

$$L_{заг} = l_б + l_1 + 300, (мм), \quad (6)$$

де l_1 — відстань від торцевої грані виробу до натяжного кільця домкрата, мм, (її =800-900 мм).

При натягуванні на бетон пучків арматурного дроту з гільзовими анкерами довжина заготовок повинна бути (рис. 1, д)

$$L_{заг} = 0{,}992\ 1_б - 50 мм. \quad (7)$$

Необхідне тягове зусилля домкрата для натягування арматури визначається за формулою

$$P = \frac{knF_a\sigma_{sp}}{\eta}, (кгс)*, \quad (8)$$

де к - коефіцієнт, який ураховує можливе технологічне пере натягування арматури, к = 1,1;

n - кількість одночасно напружуваних стержнів або дротин, шт.;

$F_а$ - площа поперечного перерізу одного стержня, дротини або каната, см^2, [12, 13,14, дод. табл.2,17];

σ_{sp} - проектне напруження арматури, кгс/см^2;

η - коефіцієнт корисної дії гідродомкрата, η = 0,94 - 0,96.

Необхід$^{\sigma_{sp}}$ний хід поршня гідродомкрата з урахуванням подовження та вибору вільного провисання арматури визначається за формулою -

$$S = \frac{\sigma_{sp}L_{заг}}{E_a} + A, (см), \quad (9)$$

де σ_{sp} - проектне напруження арматури, МПа;

$L_{заг}$ - довжина заготовки арматури, см;

E_a - модуль пружності арматурної сталі, МПа, [13, 20 дод. табл. 4];

А - довжина ходу поршня для вибору вільного провисання арматури, см, (А = 12,5 ... 80 см).

Примітка: * -10 кгс/см^2 = 1МПа = 0,1 кН.

Величина абсолютного подовження арматури визначається за формулою

$$\Delta l_k = \frac{\sigma_{sp} L_{заг}}{E_a}, \text{(см)}, \quad (10)$$

За отриманими даними підбирається гідравлічний домкрат і наводиться його характеристика [4, 5, 20 дод. табл. 7]. *Електротермічний спосіб напружування арматури* Суть електротермічного натягування арматури полягає в тому, що арматурні елементи, нагріті електричним струмом до потрібного подовження, фіксуються в жорстких упорах, які перешкоджають скороченню їх при остиганні, внаслідок чого в арматурних елементах виникає напруження.

Технологічні розрахунки електротермічного натягування арматури зводиться до визначення точної довжини заготовки арматурних елементів, необхідної сили струму та напруги, потужності трансформатора.

Залежно від проектного напруження арматури визначається теоретично необхідне її подовження за формулою

$$\Delta l_o = \frac{\kappa\sigma_{sp} + \Delta\sigma_{sp}}{E_a} L_y, \text{(мм)}, \quad (11)$$

де κ - коефіцієнт, який ураховує пружно-пластичні властивості сталі, κ = 1... 1,2;

σ_{sp} - проектне напруження арматури, МПа;

$\Delta\sigma_{sp}$ - гранично допустиме відхилення попереднього напруження арматури (від 45 МПа при l_y = 25м до 100 МПа при l_y = 5м), [33, дод. табл. 6];

E_a - модуль пружності арматурної сталі, МПа. [20 дод. табл. 4];

L_y - відстань між зовнішніми гранями упорів, мм.

Повне подовження арматури, необхідне для вільного укладання нагрітого арматурного елемента в упори форми, визначається

$$\Delta l_n = \Delta l_o + \Delta l_{зм} + \Delta l_ф + \Delta l_{пее}, \text{(мм)}, \quad (12)$$

де $\Delta l_{зм}$ - можливе зминання анкерів, приймається 1 мм на кожну деформовану деталь;

$\Delta l_ф$ - поздовжня деформація форми чи піддону, приймається для форм із жорсткими упорами 1... 3 мм, для форм із поворотними упорами - 3... 4 мм;

$\Delta l_{пее}$ - додаткове подовження арматури, необхідне для компенсації її скорочення від остигання під час переносу та укладання в упори, приймається 0,5 мм на їм довжини арматурного елемента.

Визначається можливе подовження арматури при її нагріванні до заданої температури:

$$\Delta l_t = (t_p - t_0) L_k \alpha, \text{(мм)}, \quad (13)$$

де t_p - задана температура нагрівання, (приймається в межах 350 - 500°С); [33,34; дод. табл. 5].

t_o - температура навколишнього середовища, приймається від +18 до +20°С;

L_k - відстань між струмопровідними контактами установки, мм $L_k=l_a$ - 2(250...300 мм); [ДОД. табл. 8];

α - коефіцієнт лінійного розширення сталі, 1/°С, [20, дод. табл.3].

Повинна виконуватись умова, яка забезпечує величину повного подовження арматури від температурного розширення.

$\Delta l_n \le \Delta l_t$

При виконанні цієї умови визначається довжина заготовки арматурного елемента

$$L_{заг} = L_у - \Delta l_n + 2a, \text{ (мм)}, \quad (14)$$

де а - відрізок стержня чи дротини для утворення анкерної головки, мм;

а = 2,5d, де d - діаметр арматури, мм.

Необхідна сила струму визначається за формулою

$$I = \sqrt{\frac{70 Q_n K}{R\tau}}, \text{ А} \quad (15)$$

де Q_n - кількість теплоти, що витрачається на нагрівання їм арматурного елемента, кДж, (Q_n = 5,43...5,52);

К - коефіцієнт, що враховує схему підключення арматурних елементів в електричний ланцюг (при послідовному включенні К = 1, при паралельному К рівняється кількості арматурних елементів);

R - активний опір 1 м арматурного елемента, 10^{-4} Ом (R=0,0034...0,0047);

Т - тривалість нагрівання, хв.; [13, дод. табл. 5].

Необхідна напруга струму

$$U = \frac{I \cdot Z \cdot L_k \cdot K_1}{K}, \text{ В} \quad (16)$$

де Z - повний опір 1м арматурного елемента при нагріванні до розрахункової температури, 10^{-4} Ом (Z=0,036...0,044);

L_K - відстань між струмопровідними контактами установки (довжина ділянки стержня між електричними контактами), [дод. табл.8].

K_1 - коефіцієнт, який при послідовному включенні арматурних елементів у ланцюг рівняється їх кількості, а при паралельному – K_1 = 1.

Напруга електричного струму за умови безпеки приймається не більшою ніж 60 В.

Необхідна потужність трансформатора, кВА

$$N = IU/1000, \text{ кВА} \quad (17)$$

За даними технологічного розрахунку вибираємо тип установки для заготовки і нагрівання арматурних елементів і наводимо її технічну характеристику, [4; дод. табл. 8].

Розрахунок параметрів попереднього напруження арматури механічним способом подається в табл. 2.

Таблиця 2. Розрахунок параметрів попереднього напруження арматури механічним способом.

№ п/п	Параметри	Позначення, розрахункова формула	Величини
1	Довжина виробу, см	$l_б$	
2	Відстань від торцевої грані виробу до зовнішньої грані упора форми, см	$l_у$=10…15	
3	Довжина арматурного елемента, необхідна для утворення захвата, см	l_a=2,5d	
4	Запас довжини арматурного елемента, см	a=0,5 – 1 см	
5	Довжина заготовки, см	$L_{заг} = 1_б + 2\ l_у + 2\ l_a + 2a = L_у + 2\ l_a + 2a$	
6	Кількість одночасно напружуваних арматурних елементів	n	
7	Площа поперечного перерізу одного арматурного елемента, см^2	F_a	
8	Проектне напруження арматури, МПа	σ_{sp}	
9	Коефіцієнт корисної дії домкрата	$\eta = 0{,}95$	
10	Необхідне тягове зусилля домкрата, кн.	$P = \frac{1{,}1 \cdot n \cdot F_a \cdot \sigma_{sp}}{\eta}$	
11	Модуль пружності арматурної сталі, МПа	E_a	
12	Хід поршня домкрата, необхідний для вибору вільного провисання арматури, см	A=12,5…80	
13	Необхідний хід поршня домкрата	$S = \frac{\sigma_{sp} L_{заг}}{E_a} + A$	
14	Абсолютне подовження арматури, см	$\Delta l = \frac{\sigma_{sp} L_{заг}}{E_a}$	

Користуючись рис. 1 (б, в, г, д), аналогічно викладеному вище, визначаємо довжину заготовки ($L_{заг}$) арматурних елементів при інших схемах їх попереднього напруження.

Формування виробів включає наступні операції: подавання бетонної суміші у форму та її рівномірне розподілення; ущільнення бетонної суміші у виробі; обробку відкритої поверхні виробу; вилучення із форми порожниноутворювачів.

Для подавання бетонної суміші у форму підбирається залежно від габаритних розмірів та об'єму виробу тип бетонороздавача і наводиться його технічна характеристика [4, 13, 14; дод. табл. 11].

Для укладання бетонної суміші і її розподілення по формі підбирається залежно від виду, габаритних розмірів та об'єму виробу відповідний тип бетоноукладача і наводиться його технічна характеристика [4, 20 дод. табл. 11].

Залежно від прийнятої технології виготовлення, виду виробу та легкоукладності бетонної суміші вибирається спосіб її ущільнення [20]. Одним з найпоширеніших способів ущільнення є вібрування

Бетонна суміш може ущільнюватись вібруванням на віброплощадках (вібростолах), тобто з використанням об'ємного віброущільнення з різними видами вібраційних коливань; зовнішнім вібруванням за допомогою навісних вібраторів на формі; глибинним вібруванням із використанням внутрішніх вібраторів та різних вібровкладишів; поверхневим вібруванням із використанням поверхневих (площадкових) вібраторів, вібронасадок, віброплит тощо.

Після вибору способу віброущільнення бетонної суміші підбирається механізм для його здійснення [12, 13].

При виборі віброплощадки (вібростола) враховуються габарити та маса [юрми з бетонною сумішшю і вид та частота вібраційних коливань, [4, 14,15 дод. табл. 12]. Технічні характеристики електромеханічних глибинних та зовнішніх вібраторів наведені в дод. табл. 18 і 19.

Після цього розраховується час віброущільнення бетонної суміші із нанесенням результатів в табл. 3.

Таблиця 3 Розрахунок часу віброущільнення бетонної суміші

№п/п	Параметри	Позначення, формула	Величини
1	Амплітуда коливань, см	A	
2	Частота коливань, Гц	f	
3	Інтенсивність вібрації, а	$a=A\omega^2$	
4	Жорсткість суміші, с	Ж	
5	Кутова частота коливань, $с^{-1}$	$\omega=2\pi f$	
6	Ширина виробу, см	b	
7	Товщина виробу, см	$h_б$	
8	Коефіцієнт $К_1$	$К_1=0,5$	
9	Коефіцієнт геометрії (21, с. 131)	$К_г$	
10	Коефіцієнт динамічності (21, с. 134)	$К_д$	
11	Час ущільнення для віброплощадок із вертикальним та еліптичним коливанням, с	$t=\frac{15K_1Ж^2 10^3}{K_г K_Д A\omega^2 h_б}$	
12	Час ущільнення для віброплощадок із горизонтальним коливанням, с	$t=24Ж$	
13	Те ж для площадок ударної дії	$t=32Ж(1-4\cdot10^{-6}Ж\cdot a_н$ $a_н=(4-6)g$	
14	Те ж для ударно-вібраційних площадок	$t=32Ж(1-4\cdot10^{-6}Ж\cdot a_н^{\ 2})$	

Теплова обробка бетону у виробах може здійснюватись різними способами: пропарюванням у середовищі насиченої водяної пари при t до 100°С, електропрогріванням та електрообігріванням, прогріванням у середовищі продуктів згорання природного газу при температурі вище ніж 100°С, попереднім розігріванням бетонної суміші перед формуванням тощо [дод. табл. 13].

Режим теплової обробки бетону у виробах призначається залежно від марки (класу) бетону, групи цементу, товщини виробу та максимальної температури прогрівання [4, 11, 12 дод. табл. 14,15].

Вибирається тип теплового агрегату для теплової обробки бетону. Тепловим агрегатом може бути пропарювальна камера: ямна, тунельна, щілинна, вертикальна. Ямні пропарочні камери - циклічної дії, інші - безперервної дії [3].

Параметри теплової обробки наводяться в табл.4.

Таблиця 4 Параметри теплової обробки бетону у виробах

№ п/п	Параметри	Позначення, формула	Величини
1	Розпалубочна (передавальна) міцність бетону, %	R_p	
2	Відпускна міцність бетону, %	R_o	
3	Температура ізотермічного прогрівання, ^oC	t^oC	
4	Тривалість витримування виробів перед тепловою обробкою, год.	τ_B	
5	Швидкість піднімання температури в камері, ^oC/год.	v	
6	Тривалість піднімання температури до ізотермічної, год. $t_{н.с.}$=+18^oC	τ_n	
7	Тривалість ізотермічного прогрівання, год.	τ_{in}	
8	Тривалість остигання виробів у камері, год. (до t=+40^oC)	τ_0	

На основі отриманих даних будується графік теплової обробки бетону у пробах.

Розпалублення виробів - це звільнення їх від форми. Може здійснюватись частково до теплової обробки або повністю після теплової обробки, розпалублення полегшується, коли температура бетону виробу не встигає знизитись нижче від 30 - 40°С. У процесі розпалублення виробів із попереднім напруженням арматури особливу увагу приділяють передачі натяжіння напруженої арматури з упорів на бетон. Ця операція здійснюється способом перерізування арматури між упорами і виробом. Передача напруження арматури і упорів на бетон повинна здійснюватись рівномірно, плавно і поступово, щоб запобігти можливому порушенню зчеплення арматури з бетоном виробу. Для плавної передачі напруження арматури з упорів стенда на бетон використовують спеціальні пристрої: піскові, клинові, гвинтові тощо [7, 20]. Після відповідної витримки виробів в цеху їх вивозять самохідними візками на склад готової продукції [дод. табл. 16].

2.6 Характеристика технологічного обладнання

Все основне технологічне, транспортне та допоміжне механічне обладнання, підібране раніше для формувального цеху чи технологічної лінії, наводиться в загальній відомості у формі табл. 5, [4,5,20 додатки].

Таблиця 5 Відомість технологічного, транспортного та допоміжного обладнання цеху (технологічної лінії) по виробництву

№ п/п	Найменування обладнання	Марка	Характеристика обладнання			
			Кількість, шт.	Маса одиниці, т	Маса всіх, т	Установлена потужність, кВт
Усього:						

2.7 Основні технологічні параметри виробництва

№п/п	Параметри	Одиниця виміру	Показник
1	Назва виробу	-	
2	Геометричні розміри виробу	мм	
3	Площа виробу(для плит)	$м^2$	
4	Об'єм виробу	$м^3$	
5	Об'єм бутону у виробі	$м^3$	
6	Маса арматури в одному виробі	кг	
7	Маса виробу	т	
8	Спосіб армування	-	
9	Спосіб натягування арматури	-	
10	Спосіб виробництва	-	
11	Спосіб формування та ущільнення бетонної суміші	-	
12	Спосіб та режим теплової обробки	-	
13	Марка (клас) бетону	кгс/$см^2$(МПа)	
14	Міцність бетону після теплової обробки	МПа	
15	Вид, клас і марка напружуваної арматури	-	
16	Найбільша крупність заповнювача	мм	
17	Легкоукладальність бетонної суміші	ОК(с);Ж(с)	
18	Витрата на 1 $м^3$ бетонної суміші:		
	Цемент	кг	
	Пісок	кг	
	Щебінь	кг	
	Вода	кг	
	Добавка	кг	
19	Цикл формування	хв.	
20	Тривалість ущільнення	хв.	
21	Цикл армування	хв.	
22	Проектне напруження арматури	МПа	
23	Тривалість теплової обробки	год.	
24	Кількість виробів у пропарювальній камері	шт.	
25	Кількість виробів на формувальній смузі стенда	шт.	

2.8 Розрахунок виробничих площ

Визначаються необхідні виробничі площі формувального цеху для тимчасового зберігання нормативного запасу арматурних виробів, складування резервних форм, підготовки та ремонту форм, місць огляду, приймання готової продукції ВТК та дрібного ремонту, витримування готових виробів у цеху в холодну пору року.

Користуються при цих розрахунках нормами технологічного проектування та враховують виробничу продуктивність технологічної лінії (цеху) за годину чи зміну [18].

2.9 Контроль якості продукції

У процесі виготовлення виробів на технологічній лінії передбачається проведення *вхідного, операційного та приймального* контролю.

Мета вхідного контролю полягає у визначенні відповідності якості бетонної суміші, арматурних виробів, мастила та інших матеріалів і напівфабрикатів вимогам відповідних нормативних документів.

Операційний контроль повинен забезпечувати дотримування передбачених прийнятою технологією та нормативними документами режимів окремих технологічних процесів чи операцій: підготовки форм,- армування, формування та ущільнення бетонної суміші, теплової обробки, розпалублення тощо.

Приймальний контроль повинен оцінити якість готових виробів та їх відповідність вимогам ДСТУ, ДВН, ТУ і проекту.

Для ефективного контролю режимів виконання основних технологічних операцій розробляється схема операційного контролю, наведена в табл. 7.

Таблиця 7 Схема операційного контролю

№ п/п	Технологічна операція, об’єкти контролю	Завдання контролю	Спосіб та засоби контролю	Періодичність контролю	Виконавці	Обсяг контролю
1	2	3	4	5	6	7

3. Охорона праці та безпека життєдіяльності

У цій частині пояснювальної записки наводиться характеристика потенційних шкідливих та небезпечних факторів, що можуть мати місце на технологічній лінії або цеху.

Необхідно передбачити інженерні рішення з метою попередження виробничого травматизму, нещасних випадків і забезпечення безпечних умов праці робітників.

Аналіз шкідливих та небезпечних факторів і прийняті інженерні рішення необхідно звести в табличну форму.

Таблиця 8 Потенційні шкідливі та небезпечні фактори виробництва

№ п/п	Робоча зона, технологічний процес, пост	Шкідливі та небезпечні фактори виробництва	Інженерні рішення з охорони праці та безпеки життєдіяльності

4. ЗАХИСТ ТА ОЦІНЮВАННЯ КУРСОВОГО ПРОЄКТУ

Виконаний курсовий проєкт (відповідно до розкладу захисту) подається комісії, що призначається кафедрою і складається з викладачів кафедри, в тому числі й керівника проєкту.

Підставою до захисту курсового проєкту є розроблені кресленики та оформлена пояснювальна записка. Процедура захисту складається з доповіді автора проєкту (до десяти хвилин), запитань з боку комісії по суті роботи і відповідей студента на них.

Оцінювання виконання курсового проєкту здійснюється за 100-бальною системою із подальшим переведенням до національної системи оцінок та шкали ECTS. Загальна кількість умовних балів складається із суми балів, відповідно до листа оцінювання, та балів, що нараховуються комісією при захисті проєкту

Література

1 Волянський О. А. Технологія бетону. Ч. І. -К.: Вища школа, 2004.

2 ДСТУ Б В.2.7-34-2001 Щебінь для будівельних робіт із скельних гірських порід та відходів сухого магнітного збагачення залізистих кварцитів гірничо-збагачувальних комбінатів і шахт України. Технічні умови

3 ДБН А. 3.1 - 7 - 96. Виробництво бетонних та залізобетонних виробів.

4 ДСТУ Б В.2.7-46:2010 Будівельні матеріали. Цементи загальнобудівельного призначення. Технічні умови

5 ДСТУ Б В.2.7-32-95 Пісок щільний природний для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій і робіт. Технічні умови

6 ДСТУ Б В. 2.7 - 17 - 95. Гравій, щебінь і пісок штучні пористі. Технічні умови.

7 ДСТУ Б В. 2.6 – 2:2009. Вироби бетонні і залізобетонні. Загальні технічні умови.

8 ДСТУ БВ. 2. 7 - 43 - 96. Бетони важкі. Технічні умови.

9 ДСТУ БВ. 2.7 - 18 - 95. Бетони легкі. Загальні технічні умови.

10 ДСТУ БВ 2.7 – 45: 2010. Бетони ніздрюваті. Технічні умови.

11 Кривенко П. В. та інші. Будівельні матеріали. -К. Вища школа, 2008.

12 ДБН А.3.1-8-96 Проектування підприємств з виробництва залізобетонних виробів. – К.: Держбуд України, 1998.

13 Посібник до ДБН А. 3.1 - 7 - 96. Виробництво бетонних та залізобетонних виробів.

14 ДСТУ-Н Б А.3.1-35:2016 Настанова з проектування підприємств з виробництва залізобетонних виробів

15 Русанова Н. Г. та інші. Технологія бетонних та залізобетонних конструкцій. Т.2. -К : Вища школа, 1994.

16 Гриценко О.С. Моделювання проектних робіт для будівництва / Шевчук К.І., Вахович І.В., Запєчна Ю.О., Чуприна Ю.М.: навчальний посібник. К.: КНУБА, 2015,с.236.

17 Гоц В.І., Павлюк В.В., Шилюк П.С. Бетони і будівельні розчини: підручник. Київ, видавництво «Основа», 2018. 568 с.

18 Дворкін Л.І. Будівельне матеріалознавство: навчальний посібник. «Дніпро - VAL», 2018. 617 с.

19. ДСТУ Б В.2.7-171:2008 (EN 934-2:2001, NEQ) Добавки для бетонів і будівельних розчинів Загальні технічні умови

20. ДСТУ Б В.2.7-170:2008 Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення середньої густини, вологості, водопоглинання, пористості і водонепроникності

21. ДСТУ Б В.2.7-214:2009 Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення міцності за контрольними зразками.

22. ДСТУ Б В.2.7-176:2008 (EN 206-1:2000, NEQ) Суміші бетонні та бетон. Загальні технічні умови.

Додаток А

Таблиця А.1 Мастила для форм

Вид мастила	Компоненти	Вміст, %	Галузь застосування
Зворотна емульсія	Емульсол кислий синтетичний Насичений розчин вапна Солярове масло	20 70 – 75 5 – 10	Вертикальні та горизонтальні поверхні форм і касет при $t = 50 - 55°C$
Пряма емульсія	Емульсол кислий синтетичний Кальцитова сода Вода	10 0,5 – 1 89	Горизонтальні поверхні форм
Масляні мастила	Петролатум Гас	20 – 25 75 – 80	Металеві та дерев’яні форми
	Солідол Солярове масло	20 80	
Консистентні мастила	Технічний вазелін Стеарин Солярове масло	35 15 50	Для отримання гладкої поверхні виробів при $t = 60°C$
	Технічний вазелін Стеарин	70 30	Для отримання виробів із гладкою поверхнею

Таблиця А.2 Геометричні характеристики та лінійна середня густина стержневої арматури і дротової арматури

Діаметр, мм	Площа поперечного перерізу, мм^2	Лінійна середня густина, кг/м
3	7,1	0,057
4	12,6	0,099
5	19,6	0,154
5,5	23,7	0,185
6	28,3	0,222
8	50,3	0,395
10	78,5	0,617
12	113	0,888
14	154	1,21
16	201	1,58
18	254	2,0
20	314	2,47
22	380	2,98
25	491	3,85
28	616	4,83
32	804	6,31
36	1018	7,99
40	1257	9,87
45	1500	12,48
50	1963	15,41
55	2376	18,65
60	2827	22,19
70	3848	30,21
80	5027	39,46

Таблиця А.3 Коефіцієнт лінійного розширення стержневої та дротової арматури, α

Температурний інтервал, °С	Коефіцієнт лінійного розширення $\alpha \cdot 10^{-6}, 1/°C$ арматури		
	Гарячекатаної класів А – IV, А – V А – VI і А - III$_в$	Термічно зміцненої класів $A_т$ – IV, $A_т$ – V, $A_т$ – VI і $A_т$ - VII	Дроту класу $B_р$ - II
20 – 300	13,2	12,5	13
20 – 350	13,5	13	13,4
20 – 400	13,8	13,5	13,8
20 – 450	14,2	14	14,1
20 – 500	14,5	14,4	14,5

Таблиця А.4 Модуль пружності арматурної сталі, E_a

Клас	Діаметр, мм	Марка	Профіль	Модуль пружності E_a, МПа
А – I	6 – 40	$С_т3$, $ВС_т2$,$ВС_т3$	Кругла, гладка	$2{,}1 \cdot 10^5$
А – II	0 – 40	$ВС_т5$	Періодичного профілю	$2{,}1 \cdot 10^5$
А – III	6 – 40	35ГС, 25Г2С		$2 \cdot 10^5$
А – IV	10 – 32	20ХГ2Ц, 80С		$2 \cdot 10^5$
А – V	10 – 22	23Х2Г2Т		$1{,}9 \cdot 10^5$
А – VI	10 – 22	20Х2Г2СР		$1{,}9 \cdot 10^5$
$А_т$ – III	10 – 14 16 – 40	$БС_т5$		$2 \cdot 10^5$
$А_т$ – IV	10 – 14	25Г2С	Термічно зміцнена	$1{,}9 \cdot 10^5$
$А_т$ – V	10 – 14 16 – 28	20ГС, 10ГС2 20ГС2, 08Г2С	Термічно зміцнена Періодичного	$1{,}9 \cdot 10^5$
$А_т$ – VI	10 – 14 16 – 28	20ГС, 20ГС2	профілю	$1{,}9 \cdot 10^5$

Таблиця А.5 Температура та тривалість електронагрівання арматурної сталі

Арматурна сталь		Температура нагрівання, °С		Тривалість нагрівання, хв.
Клас	Марка або діаметр, мм	Рекомендована	Максимально допустима	
А – VI	22Х2Г2Р	400	500	0,5 – 10
А – V	23Х2Г2Р	400	500	0,5 – 10
А – IV	80С	400	600	0,5 – 10
	20ХГ2Ц	400	500	0,5 – 10
$А_т$ – VI	20ГС, 20ГС2	400	450	0,5 – 10
$А_т$ – V	20ГС, 20ГС2	400	450	0,5 – 10
$А_т$ – IV	20ГС, 20ГС2	400	450	0,5 – 10
$А_т$ – $III_в$	35ГС, 25Г2С	350	450	0,5 – 10
$В_р$ – II	d4	300	350	0,1 – 0,5
	d5	300	400	0,15 – 0,8
	d6	300	450	0,2 – 1

Таблиця А.6 Граничні відхилення проектного напруження арматури

Довжина напружувальної арматури, м	Допустимі відхилення проектного напруження, МПа
5	±100
6,5	±85
9,5	±70
13	±60
16	±55
19	±50
25 і більше	±45

Таблиця А.7 Технічні характеристики гідравлічних домкратів

№ п/п	Показники	Марки домкратів				
		СМЖ – 737	СМЖ – 738	СМЖ – 84Б	СМЖ – 86Б	СМЖ – 25
1	Максимальне зусилля натягування. кн.	1000	630	1000	25	630
2	Робочий хід поршня, мм	320	320	1120	80	800
3	Діаметр напружуваних стержнів або дроту, мм	28 – 40	5	22 – 30	5	14 – 20
4	Кількість одночасно напружуваних стержнів	1	до 24	1	1	2
5	Габарити, мм: довжина ширина висота	 1130 380 290	 800 245 265	 1630 320 350	 2200 620 2700	 3080 1670 1375
6	Маса, кг	160	75	550	210	3200

Таблиця А.8 Технічні характеристики обладнання для заготовки і нагрівання арматури

№ п/п	Показник	Установки для висадки анкерних головок		Установки для нагрівання арматури	
		СМЖ – 524	СМЖ – 128В	СМЖ – 525	СМЖ – 129В
1	Діаметр арматурних стержнів, мм	12 – 40	10 – 25	22 – 36	10 – 25
2	Довжина стержнів, мм	7200 – 24600	5590 – 7500	6000 – 24000	3000 – 6000
3	Клас арматурної сталі	А – $III_в$, А – IV, А – V	А – $III_в$, А – IV, А – V, А – VI,	А – $III_в$	А – $III_в$, А – IV, А – V, А – VI
4	Установлена потужність, кВт	9,2	$А_т$ – V, $А_т$ – VI	7,5	---
5	Установлена потужність трансформатора, кВА	150	140	---	40
6	Габарити, мм: довжина ширина висота	22610 – 36960 1525 1630	9190 1800 1130	9635 – 27635 1750 1035	6600 1250 1450
7	Маса, кг	5280 – 5950	2500	2400 – 5100	820

Таблиця А.9. Класифікація бетонних сумішей за легкоукладністю

Марка за легкоукладністю	Жорсткість, с	Рухливість, см
Ж4 Ж3 Ж2 Ж1	31 і більше 21 – 30 11 – 20 5 – 10	
Р1 Р2 Р3 Р4 Р5	1 – 4 --- --- --- ---	4 і менше 5 – 9 10 – 15 16 – 21 22 і більше

Таблиця А.10. Рекомендовані марки цементу для бетонів

Клас (марка) бетону	Марки цементу для бетону			
	Важкого		Легкого конструкційного	
	рекомендована	допустима	рекомендована	допустима
В7,5(М100)	300	---	400	300
В10(М150)	400	400	400	300, 500
В15(М200)	400	300, 500	400	300, 500
В20(М250)	400	300, 500	400	500, 550
В22,5(М300)	400	500	500	400, 550
В25(М350)	400	500	500	600
В30(М400)	500	550, 600	550	550, 600
В35(М450)	550	500, 600	500, 550	500, 600
В37,5(М500)	600	550, 600	600	600
В45(М600)	600	550	---	550

Таблиця А.11. Технічні характеристики бетоноукладачів

№ п/п	Показники	Бетоноукладачі				
		СМЖ 166Б	СМЖ 168А	СМЖ 3507А	СМЖ 69Б	СМЖ 168
1	Ширина колії, мм	4500	4500	4500	2800	2930
2	Кількість бункерів	2	3	1	1	1
3	Місткість бункерів, $м^3$	2,5+2,5	2+1+1	2,5	2,1	2
4	Ширина стрічки живлювачів, мм	900	1400; 650	1400	2000	650
5	Швидкість руху, м/хв.	4,6 – 29,7	1,8 – 11,6	1,8 – 11,6	12;18	14
6	Потужність. кВт	23,67	27,36	20,16	7,2	2,3
7	Ширина виробу, мм	3600	3600	2000	-	-
8	Механізм розподілу бетонної суміші	воронка	вібро-насадка	-	воронка	-
9	Пристрій для загладжування поверхні виробу	-	рейка	-	-	-
10	Габарити, м	5,2×6,3×3,1	5,57×6,3×3, 1	3,7×6,3×3,1	2,6×4,0×2,97	2,8×3,8×2,9
11	Маса, т	6,5	12,6	8,7	3,7	3,6

Таблиця А.12. Технічні характеристики бетонороздавачів

№ п/п	Показники	Бетонороздавачі					
		СМЖ 306	СМЖ 71А	СМЖ 354	СМЖ 425	СМЖ 364	СМЖ 276
1	Ширина колії, мм	1100	1000	1400	1100	1180	-
2	Кількість бункерів	1	1	1	1	1	-
3	Місткість бункерів, $м^3$	-	1,8	2,6	4	1,23	2
4	Ширина стрічки живлювачів, мм	650	500	250	400	шнек	-
5	Швидкість руху, м/хв.	12	12	12	14,5	27	-
6	Потужність. кВт	4,5	14,1	-	7,4	55	-
7	Ширина виробу, мм	2500	500	-	-	-	-
8	Механізм розподілу бетонної суміші	воронка течка	-	-	-	-	-
9	Пристрій для загладжування поверхні виробу	-	-	-	-	-	-
10	Габарити, м	9,5×5,74× 2,39	6,64×2,81 ×4,25	10,04×1,91 ×2,37	10,6×1,94 ×3,14	3,65×1,25 ×1,96	-
11	Маса, т	5,2	6,7	4,85	5,35	1,55	-

Таблиця А.13.Технічні характеристики віброплощадок

№ п/п	Показники	Віброплощадки		Віброустановка СМЖ 280	Ударна площадка
		СМЖ187Г	СМЖ 200Г		
1	Найбільші розміри виробів у плані,м	3 х 6	3 х 6	2,5 х 6	3 х 12
2	Вантажопід-йомність, т	10	15	10	20
3	Амплітуда коливань або висота падіння, мм	0,2 – 0,5	0,2 – 0,5	3	0,4 – 0,6
4	Частота, Гц	47,5	47,5	3,8	40 – 48
5	Потужність, кВт	63	92	100	22
6	Кріплення	Електромагнітне		Пневматичне	Гвинтове
7	Габарити	8,5х2,99х 0,69	10,26 х 2,99 х 0,69	8,14х2,02х 4,81	9,7 х 2,5
8	Маса. т	5,6	6,6	7,3	6,1

Таблиця А.14.Технічні характеристики віброплощадок

№ п/п	Показники	Ударно-вібраційні площадки				
		ВРА-8	СМЖ 460	СМЖ 538А	СМЖ – 773	СМЖ – 774
1	Найбільші розміри виробів у плані,м	1,5 х 6	3 х 6	3,6 х 7,2	3,6х7,2х 1,5	3 х 12
2	Вантажопід-йомність, т	8	15	18	20	30
3	Амплітуда коливань або висота падіння, мм	---	6 – 10	1 – 1,5	2,5	1,5
4	Частота, Гц	8 – 10	9 – 11	24	24	24
5	Потужність, кВт	244	29	12	47	88
6	Кріплення	Електромагнітне		Без кріплення		
7	Габарити	6 х 2,7 х 1,05	5,95х3,82х 1,6	7,2х3,6х 0,45	8,1х3,0х 0,9	15,0х2,85х 0,73
8	Маса. т	10,5	19,9	7,6	8,5	13,0

Таблиця А.15 Строки досягнення відпускної міцності бетону, год., залежно від технології виготовлення і виду цементу

№ п/п	Технологія, вид цементу	Строки досягнення, год., 70% відпускної міцності від класу (марки) бетону при твердінні	
		У нормальних умовах при $t = 20°C$ і W>50%	В умовах теплової обробки при $t = 80°C$
1	Звичайна. Бетонна суміш із ОК=1 – 4 см на ПЦ М 400	140 – 170	13 – 15
2	Те ж цементи БТЦ або активовані шляхом домелу	70 – 120	9 – 11
3	Те ж із використанням хімічних добавок	120 – 140	11 – 13
4	Те ж підвищення жорсткості, зменшення рухливості суміші на одну марку	130 – 160	12 – 14
5	Комплексні методи. Активація цементу + хімічні добавки + підвищення жорсткості суміші на один ступінь	55 – 75	6 – 8

Примітка: Строки наведені для бетону класу В20 (марки М300) при ОК=1 – 4 см. При зміненні класу (марки) бетону в менший бік – строки досягнення необхідної міцності подовжуються, а при збільшенні класу (марки) скорочуються орієнтовано на ±10% на кожний клас (марку) бетону.

Таблиця А.16 Режим теплової обробки із важкого бетону при температурі екзотермічного прогрівання $t = 80 - 85°C$

Клас (марка) бетону	Режим теплової обробки, год., при товщині бетону у виробі, мм		
	до 160	до 300	більше 300
В15 (М200)	11 (3,5+5,5+2)	12 (3,5+6,5+2)	13 (3,5+6,5+3)
В22,5 (М300)	9 (3+4+2)	10 (3+5+2)	11 (3,5+5+2,5)
В30 (М400)	8,5 (3+3,5+2)	9,5 (3+4,5+2)	10,5 (3+5+2,5)
В37,5 (М500)	8 (3+3+2)	9 (3+4+2)	10 (3+4,5+2,5)
В45 (М600)	7 (3+2+2)	8 (3+3+2)	9 (3+3,5+2,5)

Таблиця А.17 Режим теплової обробки із важкого бетону при температурі екзотермічного прогрівання $t = 60 - 65°C$

Клас (марка) бетону	Режим теплової обробки, год., при товщині бетону у виробі, мм		
	до 160	від160 до 300	від 300 до 400
В35 (М300)	21,5 (0,5+2+18+1)	22,5 (0,5+2+19+1)	23,5 (0,5+3+20+1)
В22,5 (М400)	19,5 (0,5+2+16+1)	20,5 (0,5+2+17+1)	21,5 (0,5+2+18+1)
В30 (М500)	17,5 (0,5+2+14+1)	18,5 (0,5+2+15+1)	19,5 (0,5+2+16+1)

Таблиця А.18 Технічні характеристики візків для вивезення готових виробів

Показник	СМЖ – 151А	СМЖ – 154Б	СМЖ – 792
Вантажопідйомність, т			
візка	20	20	40
візка з причепом	40	---	---
Максимальна довжина виробів, мм			
без причепа	7000	7000	7200
з причепом	24000	---	---
Швидкість руху, м/хв.	40	---	40
Установлена потужність. кВт	6,7	---	6,7
Колія, мм	1524	1524	1524
База, мм	4200	4500	4200
Габаритні розміри, мм:			
довжина	7450	6900	7700
ширина	2500	2500	2500
висота	1440	780	1600
Маса, кг	3000	1700	3700

Таблиця А.19 Механічні характеристики семидротових арматурних пасмом та двохпасмових канатів

№ п/п	Діаметр пасма, мм	Діаметр дротини, мм	Площа поперечного перерізу пасма, мм^2	Границя міцності пасма, МПа	Границя текучості пасма, МПа	Повне відносне подовження пасма перед розриванням, %
1	4,5	1,5	12,7	1900	1520	3
2	6	2	22,6	1850	1480	3
3	7,5	2,5	35,4	1800	1440	4
4	9	3	50,9	1750	1400	4
5	12	4	90,8	1700	1360	4
6	15	5	141,5	1650	1320	4
Двохпасмові канати К2×19						
7	30	3	271,6	1700	1360	---

Таблиця А.20 Глибинні вібратори електромеханічні

Показники	Тип вібратора								
	Із внутрішнім електродвигуном				Із гнучким валом				
	ИВ – 32	ИВ – 33	ИВ – 55	ИВ – 56	ИВ – 17	ИВ – 25	ИВ – 26	ИВ – 27	ИВ – 47
Вібраційний механізм	Дебалансний				Планетарний				
Розміри вібронако-нечника :									
діаметр	114	133	51	76	36	76	76	51	76
довжина	420	430	410	530	350	440	470	400	440
Маса, кг:									
загальна,	29	29	10	19	27	36	48	34	59
в т.ч. вібріонакі-нечника	---	---	---	---	1,8	8,7	9,9	4,4	8,7
Потужність електродви-гуна, кВт	0,16	1,1	0,27	0,8	0,8	1,2	1,2	0,8	1,2
Частота коливань, Гц	96	96	185	185	333	166	210	250	166
Момент дебалансів, Н·м	0,13	0,22	0,015	0,041	0,003	0,035	0,04	0,01	0,035
Збуджуюча сила, кН	5	8,3	2	5,5	1,35	4	7	2,5	4

Таблиця А.21 Зовнішні електромеханічні вібратори

Показники	Вібратори з круговим коливанням

	ИВ – 19	ИВ – 20	ИВ – 21	ИВ – 22	ИВ – 24	ИВ – 61
Збуджуюча сила, кН	1,25…2	2…4	4…8	8…16	16…30	2,5…5
Момент дебалансів, Н·м	0,14 – 0,23	0,23 – 0,46	0,46 – 0,92	0,92 – 1,83	1,83 – 3,43	1,15 – 2,3
Частота коливань, Гц	47	47	47	47	47	23
Потужність електродви-гуна, кВт	0,27	0,4	0,6	0,8	1,5	0,4
Габаритні розміри, мм:						
довжина	275	310	405	420	510	435
ширина	180	230	240	320	345	240
висота	200	250	250	285	320	250
Маса, кг	12	20	32	51	80	32

Таблиця А.21 Зовнішні електромеханічні вібратори

Показники	Вібратори з направленими коливаннями						
	Маятникові			Двохвальні		Із синхронним валом	
	ИВ – 35	ИВ – 36	ИВ – 38	ИВ – 49	ИВ – 65	ИВ – 5	ИВ - 53
Збуджуюча сила, кН	1,25…2	2…4	8…16	16…30	32…60	16…20	8…16
Момент дебалансів, Н·м	0,142 – 0,23	0,23 – 0,46	0,92 – 1,83	1,84 – 3,66	3,66 – 6,86	1,84 – 2,3	0,92 – 1,83
Частота коливань, Гц	47	47	47	47	47	47	47
Потужність електродви-гуна, кВт	0,27	0,4	0,8	0,8х2	1,2х2	1,2	0,8
Габаритні розміри, мм:							
довжина	275	390	470	-	-	-	495
ширина	305	395	455	-	-	-	310
висота	185	230	320	-	-	-	455
Маса, кг	15	32	85	110	140	100	94,2