



Національний університет
водного господарства
та природокористування

Міністерство освіти і науки України
Національний Університет водного господарства та
природокористування
Кафедра промислового, цивільного будівництва та
інженерних споруд

03-01-89

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання курсової роботи з навчальної дисципліни
“Залізобетонні конструкції інженерних споруд ” здобувачів вищої
освіти другого (магістерського) рівня за спеціальністю 192
“Будівництво та цивільна інженерія” освітньої програми
“Промислове та цивільне будівництво”
денної і заочної форм навчання

Національний університет
водного господарства
та природокористування

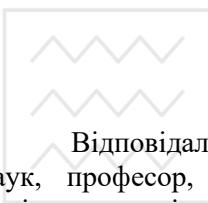
Рекомендовано науково-методичною
комісією зі спеціальності 192
“Будівництво та цивільна інженерія”
Протокол № 5 від 07.05. 2019 р.

Рівне 2019



Методичні вказівки до виконання курсової роботи з навчальної дисципліни “Залізобетонні конструкції інженерних споруд ” здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня за спеціальністю 192 “Будівництво та цивільна інженерія” освітньої програми “Промислове та цивільне будівництво” денної і заочної форм навчання / Бабич Є.М., Караван В.В. – Рівне: НУВГП, 2019. – 23 с.

Укладачі: Бабич Є.М., доктор технічних наук, професор; В.В. Караван, кандидат технічних наук, доцент.



Відповідальний за випуск: Є.М. Бабич, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри промислового, цивільного будівництва та інженерних споруд.

© Бабич Є.М.; Караван В.В., 2019
© Національний університет
водного господарства та
природокористування, 2019



ВСТУП

Навчальним планом підготовки магістрів за спеціальністю 192 “Будівництво та цивільна інженерія”, освітньої програми “Промислове та цивільне будівництво” при вивчені навчальної дисципліни „Залізобетонні конструкції інженерних споруд” передбачено виконання курсової роботи на тему „Інженерні споруди”.

Мета виконання роботи: закріпити знання теоретичного матеріалу, набути навички практично використовувати методики розрахунку та конструювання залізобетонних конструкцій інженерних споруд зі збірного і монолітного залізобетону, закріпити вміння користуватися нормативною і технічною літературою. Для проектування споруди зі збірного залізобетону необхідно використовувати типові залізобетонні конструкції, які приймаються за серіями, каталогами чи довідниками проектувальника. Якщо це з деяких причин неможливо, то розробляються індивідуальні конструкції.

Вихідні дані для виконання курсової роботи студенти приймають відповідно до наведених таблиць за своїм кодом (шифром залікової книжки), або відповідно до виданого викладачем індивідуального завдання. Приймати інші вихідні дані не дозволяється.

В роботі передбачається розрахунок і конструювання однієї із таких споруд: циліндричні та прямокутні в плані резервуари (із збірного або монолітно залізобетону); бункери із монолітного залізобетону; силосні корпуси з прямокутними або круглими силосами (із збірного або монолітного залізобетону); підпірні стіни з контрфорсами із монолітного залізобетону.



1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ЗАЛІЗОБЕТОННІ КОНСТРУКЦІЇ ІНЖЕНЕРНИХ СПОРУД

На територіях промислових і цивільних об'єктів будівництва поряд з будівлями виробничого, житлового, адміністративного, культурно - побутового призначення зводять інженерні споруди, які призначені забезпечувати: транспортні та виробничі операції; постачання об'єктів водою, стисненим газом, теплом; водовідведення; зберігання і розподілення сировини і готової продукції; благоустрій територій та інше.

Найбільш складні інженерні споруди входять в особливі комплекси транспортного, гідротехнічного, енергетичного, агропромислового та міського будівництва. Менш складні інженерні споруди включають до складу об'єктів промислового та цивільного будівництва. Найбільше значення серед них мають: резервуари для рідин; водонапірні башти; силоси; бункери; підпірні стіни; підземні споруди на виробничих площацдах.

1.1. Залізобетонні резервуари

До резервуарів відносяться інженерні споруди, призначенні для зберігання різного типу рідин і газів. Резервуари класифікують за призначенням (для зберігання чистої холодної або гарячої води, нафти і нафтопродуктів, мазуту, мастил тощо), за формою в плані (круглі, прямокутні в плані, шестигранні), за вертикальною прив'язкою дна до поверхні забудови (підземні, напівзаглиблі, наземні, надземні), за конструктивними особливостями (монолітні, збирні зі звичайного або з попередньо напруженого залізобетону). Резервуари можуть бути з покриттям або без нього.

Необхідну місткість резервуарів визначають технологічними розрахунками, а форму і габаритні розміри – техніко-економічним аналізом можливих конструктивних рішень. Досвідом встановлено, що заглиблені резервуари для води місткістю до 3000 м³ доцільно зводити круглими в плані, а більше 6000 м³ – прямокутними.

Залежно від призначення до резервуарів ставлять особливі вимоги, що відносяться до експлуатаційних якостей. Ці вимоги вказуються в проектах та нормативних документах. Одними з



основних є величина непроникності, недопущення випаровування, захист рідин від замерзання тощо.

Прямокутні резервуари проектирують з розмірами в плані, які перевищують його висоту. Їх зводять ємністю від 50 до 20000 м³. Ширина таких резервуарів знаходитьться в межах від 6 до 54 м, а довжина – від 12 до 78 м. Висоту резервуарів приймають уніфікованою – 3,6 або 4,8 м.

Типові круглі резервуари зводять діаметром від 6 до 42 м з висотою 3,6 або 4,8 м (ємність від 100 до 6000 м³). До ємності 3000 м³ за втратою матеріалів круглі резервуари більш економічні, ніж прямокутні в плані.

Монолітні круглі (циліндричні) резервуари, як правило, виконують із покриттям безбалочного типу, гладких стін і безреберного днища. При ємності, більшій за 500 м³, стіни проектирують із попередньо напруженого залізобетону. Безбалочне покриття резервуарів має малу конструктивну висоту, що забезпечує мінімальне заглиблення, їхня гладка поверхня сприяє хорошій вентиляції над рідиною. Циліндричні резервуари можуть також покриватися ребристими (балочними) системами, куполами, вантовими покриттями. Але найбільш розповсюдженими є безбалочні і ребристі покриття.

В збірних циліндрических резервуарах для покриття використовують залізобетонні трапецієподібні ребристі плити, які обирають на кільцеві балки, що в свою чергу влаштовуються на колонах, розташованих по кільцям в плані. Стіни із збірного залізобетону приймають довжиною, яка дорівнює висоті резервуара, а номінальну ширину – 1,57 або 3,14 м. Товщина стін приймається від 12 до 20 см. Стіни встановлюють в спеціальні пази днища і закріплюються в них жорстко або шарнірно.

Збірні панелі з'єднуються між собою шляхом зварювання спеціальних випусків і замонолічування дрібнозернистим бетоном між торцевими поверхнями плит. Після досягнення бетоном замонолічування міцності, не меншої 70% від проектної, виконують обтиснення стіни кільцевою попередньо напруженою арматурою, яку в подальшому покривають шаром торкрет-бетону. Попередньо напружену арматурою може слугувати високоміцний дріт класу В_p1200...1500 або стержнева арматура класів А600, А800, А1000 [8]. Дротову арматуру натягають спеціальними навивочними



машинами, а стержневу – механічним або електротермічним способом.

Прямокутні в плані резервуари також зводяться із монолітного, збірного та збірно-монолітного залізобетону. Монолітні прямокутні резервуари складаються із стін пласких (висотою до 4 м) або з ребрами, днища і покриття. Конструктивні схеми монолітних резервуарів застосовують двох варіантів: з ребристим покриттям за сітки колон 6×6 м та з безбалочним покриттям за сітки колон 4×4 м. В першому варіанті використовують типові ригелі та ребристі плити, які застосовують для перекриттів багатоповерхових виробничих будівель, в другому – панелі, що обираються в кутах безпосередньо на капітелі колон.

З'єднання стінових панелей виконують за допомогою закладних деталей, випусків арматури з тіла панелей та за допомогою шпонок. Останні не можуть сприймати згинальних моментів.

Днище прямокутних резервуарів в переважній більшості виконують монолітним. Для закріплення в днищі панелей влаштовують спеціальні поздовжні ребра, а колон – влаштовують фундаментні блоки стаканного типу. Закріплення стінових панелей і колон в днищі виконують жорсткими.

В залізобетонних резервуарах розрахунку і конструкціонному підлягають конструкції покриття, стіни, колони та днище. До розрахунків і конструкціонному покриття і колон особливих умов не ставиться, їх проектирують за методикою, що використовують при проєктуванні перекриттів багатоповерхових виробничих будівель.

У звичайних умовах (за відсутності підпору ґрунтових вод) вага днища, покриття і рідини урівноважується відпором ґрунта, що не викликає згину днища. Тільки на ділянках, які розташовані біля стін і фундаментів колон виникають місцеві згинальні моменти. Тому в цих місцях влаштовують спеціальне армування, а на інших ділянках арматуру ставлять конструктивно.

Стіни резервуарів розраховують на однобічний гідростатичний тиск рідини за відсутності обсипки (в заглиблених резервуарах) та на боковий тиск ґрунту за відсутності рідини.

В круглих резервуарах під дією тиску води в горизонтальному напрямку виникають розтягуючі зусилля, тобто в цьому напрямку стіни розраховуються як центрально розтягнуті елементи, а при дії тиску ґрунту – стискаючі. У вертикальному напрямку залежно від



способу з'єднання стін з днищем виникають згинальні моменти, що потребує розрахунку і влаштування відповідної арматури.

В прямокутних монолітних резервуарах стіну без ребер (варіант з безбалочним перекриттям), а також збірну плиту з вертикальними стиками у вигляді шпонок (горизонтальна арматура не зварюється) не залежно від наявності ребер розраховують за балочною схемою, приймаючи проліт, рівним віддалі від верха грані пазу у плиті днища до рівня покриття. В монолітних або збірних стінах, підсилених ребрами або пристінними колонами, кожна ділянка стіни між ними розраховується як плита, обперта по контуру.

Стіни резервуарів розраховуються за міцністю та тріщиностійкістю.

1.2. Залізобетонні бункери

Бункерами називають саморозвантажувальні ємкості для сипучих матеріалів, які мають порівняно малу висоту відносно розмірів в плані. Зазвичай в бункерах висота не перевищує найбільший розмір в плані не більше ніж в 1,5 рази. Бункери складаються з верхньої призматичної частини, нижньої призматичної, воронки та опор. Завдяки воронкам відбувається самопливне розвантажування бункера. Похилі стіни призматичної частини повинні мати нахил на $5\ldots 10^\circ$ більший, ніж кут внутрішнього тертя сипучого матеріалу. Верхня призматична частина призначена для збільшення ємності бункера і визначається технологічними вимогами. Інколи бункери можуть складатися тільки з піраміdalnoї частини.

В бункерах зберігають різноманітні сипучі матеріали: вугілля, кокс, руду, концентрати, цемент, пісок, щебінь та інші. Бункери поділяють на приймальні, проміжні або нагромаджувальні та навантажувальні.

Конструкція, форма і розміри бункерів залежать від багатьох факторів: компоновки споруди, призначення, запасу матеріалу, способів завантаження і розвантаження матеріалів, типу несучих конструкцій, фізичних властивостей матеріалів, що зберігаються.

Найбільш розповсюджені наступні типи бункерів: бункери з плоскими або похилими днищами; з двохилими днищами; з



піраміdalними днищами (симетричними або несиметричними); комбіновані; лоткового типу та інші.

За способом зведення бункери бувають монолітними, збірними та збірно-монолітними. Набули розповсюдження комбіновані бункери, в яких стіни виконуються із залізобетону, а воронки – з металу. Найбільш розповсюджені бункери із монолітного залізобетону. Це пояснюється такими причинами: на будівництві зводиться незначна кількість бункерів, що утруднює використання збірного залізобетону; монолітним бункерам можна надати будь-яку форму і ємність; монолітні бункери можуть зводитися за будь-якого ступеня механізації будівельних робіт. Поряд з цим монолітним бункерам притаманні і деякі недоліки: необхідність влаштування складної опалубки та риштування; ускладнене армування; необхідність поступового нарощування опалубки призматичної частини бункера; ускладнення зведення при від'ємних температурах.

Монолітні бункери в переважній більшості армуються окремими стержнями. Застосовують два способи армування: з відгинами та без відгинів. В якості робочої арматури використовують стержні класів A400C та A500C [8, 10].

Основним навантаженням на бункери є власна вага його конструкцій та вага сипучих матеріалів, що зберігаються. При розвантаженні під час руху матеріалів виникають сили тертя по внутрішнім поверхням стін, але зусилля від тертя дуже незначні і ними в розрахунках нехтують.

Бункери являють собою складні просторові системи, розрахунок яких навіть у пружній стадії утруднений. В зв'язку з цим використовують інженерні методи, основані на дійсних схемах руйнування елементів бункерів. Експериментально засвідчено, що одиночні прямокутні в плані бункери під дією матеріалів руйнуються за декількома схемами: місцевий згин стін; руйнування стін (роздріб) від горизонтального внутрішнього розпору; відрив воронки від призматичної частини; згин бункера в цілому з руйнуванням по нормальним або похилим перерізам. Міцність бункерів при будь якій схемі руйнування повинна бути забезпечена розрахунками. Стіни бункерів також розраховують за другою групою граничних станів, забезпечуючи їхню необхідну тріщиностійкість.



1.3. Залізобетонні силоси

Силоси представляють собою ємності для сипучих матеріалів, висота яких $H > 1,5 \sqrt{A}$, де A – площа горизонтального перетину силосу. Для круглих силосів ця умова має вигляд $H > 1,33D$ (D – діаметр силосу), а для прямокутних у плані силосів з розмірами $a \times b$ – $H > 1,5b$ ($b > a$). окремі силоси, а також об'єднані в корпуси входять до складу виробничих будівель і споруд промислового та сільськогосподарського призначення. В них можуть зберігати цемент, вугілля, кокс, соду, зерно, комбікорм, борошно тощо. Силоси та силосні корпуси, в яких зберігають зерно називають елеваторами.

Силоси складаються з фундаменту, підсилосного поверху (може бути відсутнім), стін силосних ємностей (часто називають банками) та надсилосної галереї. В плані силоси можуть бути круглими, прямокутними, багатогранними. Найбільш розповсюджені круглі та квадратні силоси. Розміри силосів, форма, їхня кількість, розташування в плані призначаються відповідно до технологічних вимог.

Зводяться силоси з монолітного, збірного або збірно-монолітного залізобетону, використовуючи звичайну та попередньо напружену арматуру. Силоси можуть мати різноманітні конструктивні схеми, серед яких: без підсилосного поверху з розвантаженням через отвори в стінах; те саме з розвантаженням через спеціальну галерею; з конічною воронкою; з підсилосним поверхом і плоским залізобетонним днищем-набетонкою; те саме з металевою конічною воронкою.

Круглі силоси використовують діаметром 3 і 6 м, рідше 12, 18 і 24 м. Квадратні силоси мають розміри сторін 3 або 4 м. Залежно від кількості банок для зберігання матеріалу окремі круглі і квадратні силоси об'єднуються в силосні корпуси які, в більшості випадків, мають розміри в плані 36×18; 24×18; 36×24 м. Висота силосів може досягати 30 м, а на скельних ґрунтах до 42 м.

Монолітні силоси зводять в ковзній опалубці із бетону класу не нижче С12/15. За діаметра стін 6 м товщина стін приймається в межах 160...180 мм, а за діаметра 12 м – 240 мм. В квадратних силосах товщина стін складає 150...160 мм. Мінімальна товщина стін приймається за умови недопущення розривів бетону при



переміщені опалубки. Робочу арматуру використовують переважно класів A400C і A500C [8, 10]. Як попередньо напружену можна використовувати дротову арматуру класу В_p1200...1500 та стержневу класів А600, А800, А1000 [8].

В збірних силосах розділення на елементи може здійснюватися як по вертикалі, так і по горизонталі. Вертикальне розділення використовують рідко, оскільки окремі елементи мають велику довжину. Найбільш доцільно зведення збірних силосів із замкнених елементів. Круглі силоси розділяють на кільцеві або сегментні елементи, які можуть бути в окремих випадках підсилені ребрами. Але найбільш придатні для зведення силосів гладкі елементи. Суцільні кільца мають діаметр до 3 м за товщини стін 100 або 120 мм, висоту кілець призначають кратно 600 мм.

Прямоугільні збірні силоси збирають з замкнутих, плоских та кутових елементів. З'єднання окремих елементів між собою здійснюють за допомогою болтів та заповнення дрібнозернистим бетоном шпонок (для цього по вертикальним контурам елементів влаштовують спеціальні поширення). Можуть також використовуватися об'ємні блоки висотою до 1,2 м, які розташовують в шаховому порядку, а простір між ними заповнюють плоскими елементами.

Підсилюючий поверх призначений для організації розвантаження силосних банок, а надсилюсна галерея – для завантаження. Конструкції для цих частин силосів використовують такі, як для виробничих будівель. Фундаменти для силосів як правило влаштовують у вигляді суцільної залізобетонної плити, але можуть бути використані окремі та пальові фундаменти.

Силоси розраховують на дію власної ваги конструкцій та обладнання, ваги сипучого, снігу та вітру. Оскільки висота силосів перевищує розміри в плані, при розвантаженні виникають сили тертя між стінами і сипучим матеріалом, які необхідно враховувати в розрахунках (в бункерах такими силами нехтувати).

Тиск від сипучих матеріалів на стіни (вертикальний і горизонтальний) визначають за формулами, отриманими теоретичним шляхом та уточненим за результатами експериментальних досліджень. В круглих силосах від дії сипучих матеріалів в горизонтальному напрямку виникають розтягаючі зусилля, тому стіни розраховуються як центрально розтягнуті



елементи. У вертикальному напрямку сили тертя складуються з силами від власної ваги конструкцій, снігу та дії вітру. Армування круглих силосів може бути виконано як звичайною, так і попередньо напружену арматурою.

В прямокутних силосах під дією горизонтального тиску виникають розтягуючі зусилля та згинальні моменти, а тому стіни в горизонтальному напрямку розраховують як позацентрово розтягнуті елементи. Армують прямокутні силоси звичайною арматурою згідно розрахунків.

Конструкції фундаментів, підсилосного поверху та надсилосної галереї розраховують так само, як аналогічні конструкції виробничих будівель. Стіни силосів також розраховують за ширину розкриття або на утворення тріщин.

1.4. Підпірні стіни

Підпірні стіни – конструкції, які сприймають тиск від масиву ґрунту або інших сипучих матеріалів та навантаження, розташованого на їхній поверхні. Підпірні стіни утримують сипучі матеріали у заданому положенні.

Підпірні стіни класифікують за декількома ознаками. За конструктивними особливостями стіни бувають гравітаційні, шпунтові і пальові. У гравітаційних стінах горизонтальний тиск ґрунту сприймається власною масою стіни і масою ґрунту, який знаходиться в межах розмірів плити. Міцність пальових і шпунтових стін забезпечується їхнім опором згинанню, а стійкість – опором випиранню ґрунту основи.

Гравітаційні підпірні стіни бувають масивні, кутові, контрфорсні, анкерні, ряжеві. Найбільш поширені кутові та контрфорсні стіни. За способом виготовлення стіни можуть бути: монолітні, збірні та збірно-монолітні.

Кутові стіни складаються з лицьової вертикальної та фундаментної плит, з'єднаних між собою жорстко. Такі стіни ще називають тонкостінними консольними. В монолітних стінах жорсткість в місці з'єднання плит досягається завдяки розміщенню відповідної арматури. У збірних стінах таке з'єднання забезпечується наявністю у фундаментній плиті щілинного пазу, в якому замонолічується лицьова плита. Ширина фундаментної плити



складає приблизно $B = (0,7 - 1,0)H$, де H – висота стіни. Передня частина фундаментної плити складає $b = (0,2 - 0,3)H$.

Кутові підпірні стіни застосовують, коли їхня висота не перевищує 4,5 м. За більшої висоти більш економічні стіни з контрфорсами (вертикальними ребрами).

Кутові підпірні стіни можуть бути виготовлені і у вигляді окремих блоків довжиною 2...3 м. Розроблені конструкції збірних кутових стін, які складаються з двох елементів: стінової (лицьової) плити і фундаментної плити. Висота таких плит знаходиться в межах 1,2...3,6 м (через 60 см). Номінальна довжина стінових плит прийнята 3 м, фундаментних – 3 і 1,5 м, а ширина фундаментних плит – 2,2; 2,5; 3,1 і 3,7 м. В монолітних підпірних стінах можуть бути прийняті за розрахунками будь-які розміри з дотриманням модульної системи.

Контрфорсні підпірні стіни складаються з лицьової та фундаментної плит і ребер, які розташовують вздовж стіни через $a = 2 \dots 3,5$ м. Розроблені типові збірні кутові підпірні стіни з контрфорсами, але їхня конструкція досить складна.

Розраховують підпірні стіни на дію горизонтальних і вертикальних навантажень. Вертикальні навантаження складають власна вага конструкції стіни та вага ґрунту, розташованого в межах розмірів стіни. Горизонтальні навантаження виникають від тиску ґрунту з урахуванням навантаження (постійного, змінного), розташованого на поверхні ґрунту.

Елементи кутових стін розраховують як згинальні елементи. В стінах з контрфорсами розраховують лицьову стіну, фундаментну плиту та контрфорс. Залежно від співвідношення висоти плити і віддалі між ребрами лицьова (вертикальна) плита може розраховуватися за балочною нерозрізною схемою або як плита, обперта по контуру. В цьому випадку плити розглядаються як защемлені по граням ребер та у фундаментній плиті. Так же розраховується тильна частина фундаментної плити. Передня частина фундаментної плити розглядається як консоль.

Ребро (контрфорс) стіни має перемінну висоту і працює на згин як консоль, защемлена у фундаментній плиті. Його розглядають як балку таврового перерізу. Ребро також розраховують на відрив від лицьової і фундаментної плити.



2. ОБСЯГ І ЗМІСТ КУРСОВОЇ РОБОТИ

Робота складається з пояснівальної записки та листа (листів) креслення формату А2 (допускається формат А1). Пояснювальна записка обсягом 15...25 сторінок формату А4 друкованого або рукописного тексту повинна містити:

- титульну сторінку, оформлену відповідним чином;
- зміст роботи, з нумерацією початкових сторінок відповідних розділів записки;
- вихідні дані;
- матеріали для проектування зі всіма необхідними їх фізико-механічними характеристиками, що вибираються згідно з чинними нормами проектування;
- конструктивну схему (характеристику) об'єкту будівництва, де наводиться конструктивна схема споруди, прийняті конструкції та елементи, з яких вона складається (необхідно вказати їх характеристики, розміри тощо). Вказується призначення споруди, спосіб її зведення та черговість монтажу окремих конструкцій, необхідні заходи щодо водонепроникності та забезпечення нормального температурно-влогісного режиму споруди тощо. Необхідно описати конструкцію стиків залізобетонних елементів, як влаштовується температурно-деформаційний шов у споруді (при його потребі), спосіб натягу попередньо напруженої арматури тощо;
- визначення розмірів (для підпірних стін);
- збір навантажень;
- розрахунок конструкцій за першою та другою групами граничних станів. Для напружененої арматура необхідно визначити втрати напруження;
- список використаних джерел.

В пояснівальній записці до роботи мають бути наведені наступні рисунки: конструктивна схема споруди з необхідними розрізами; розрахункові схеми конструкцій та епюри (тиску, моментів тощо); перерізи та схеми армування конструкцій. Розрахунки повинні супроводжуватись короткими поясненнями.

Розміщення матеріалу на аркуші графічної частини роботи студент визначає самостійно. На аркуші обов'язково повинно бути відображене: конструктивна схема споруди з необхідними



розрізами; розрахункові схеми конструкцій та епюри зусиль; схеми армування конструкцій, сітки, каркаси; вузли, перерізи; специфікація арматури, відомість витрат сталі (можна навести в записці, якщо на аркуші недостатньо місця); примітки (обов'язково, якщо використовується попередньо напружена арматура).

Пояснювальна записка та лист графічної частини роботи, перед тим як передати викладачу на перевірку, підписуються автором.

Креслення повинні виконуватись з дотриманням вимог ГОСТ 21.503-80 [4].

3. ВКАЗІВКИ ДО РОЗРАХУНКУ ТА ПРОЕКТУВАННЯ ІНЖЕНЕРНИХ СПОРУД

3.1. Резервуари

3.1.1. Циліндричні резервуари

Функціональне призначення резервуарів – для зберігання води. Резервуари приймати заглибленими та закритими, а днище і покриття – плоским. Конструкції, що підлягають розрахунку: стінка та днище резервуару [2, 3, 8, 11, 13, 14, 15, 16, 17].

В монолітних резервуарах з’єднання стін з днищем і покриттям приймається жорстким, а крок колон – 4 м. В збірних заливобетонних резервуарах з’єднання стін з покриттям – шарнірне, а стін з днищем – жорстке при його діаметрі $D < 30$ м, та шарнірне при $D \geq 30$ м. Сітка колон може бути 3×6 або 6×6 м. Переріз колон за варіантами приймається 300 мм, товщина монолітного днища – 150...200 мм.

У збірних циліндрических резервуарах, при їх радіусі $R \geq 12$ м, зовнішня поверхня стінових панелей циліндрична, а внутрішня – плоска. При радіусі резервуару $R \leq 9$ м обидві поверхні стінових панелей приймаються циліндричними.

У випадку використання в якості попередньо напруженої арматури високоміцного дроту, спосіб його натягу приймається механічний (навивочними машинами) з відстанню між дротом більшою 10 мм. Для стержневої арматури натяг – електротермічний з відстанню між стержнями більшою за 200...250 мм.

Стінку резервуару розраховують на дію вертикальних навантажень, що передаються з покриття, та горизонтальних: окрім від тиску ґрунту на порожній резервуар (ремонтний



випадок) і окрім від внутрішнього тиску рідини повного резервуару при відсутності засипки землею (випробувальний випадок). Розрахунок стінки резервуару залежить від типу її з'єднання з днищем (жорстке, шарнірне). Днище резервуару розраховується на дію навантажень: власна вага, тиск ґрунту, тимчасове (рідина) в місцях примикання стінок та фундаментів колон. Стінку резервуару необхідно розрахувати на тріщиностійкість (утворення тріщин в ній не допускається).

3.1.2. Прямокутні резервуари

Функціональне призначення резервуарів – для зберігання води. Резервуари приймати заглибленими та закритими з плоским монолітним днищем. Температурно-усадочний шов виконують через 54 м в днищі та стінках за допомогою металевих або гумових компенсаторів. Конструкції, що підлягають розрахунку: стінка та днище резервуару [2, 3, 8, 9, 11, 13, 14, 15, 16, 17].

В монолітних резервуарах висотою до 4 м стінки виконують без ребер, при більшій висоті резервуару – з вертикальними ребрами зовні.

У збірних залізобетонних прямокутних резервуарах за сітки колон 6×6 м покриття складається з ребристих плит розміром $6 \times 1,5$ м, що лежать на типових ригелях. За сітки колон 4×4 м – великорозмірні плити 4×4 м з ребрами по контуру, що обпираються на капітелі колон та консолі стін.

Розрахунок прямокутних резервуарів виконується на ті ж навантаження, що й циліндричних. У залежності від наявності вертикальних ребер та співвідношення між висотою панелі (H) і відстані між ребрами (c) стінові панелі рахують за такими розрахунковими схемами:

- ребра відсутні, або віддалі між ними $c > 2H$;
- відношення висоти плити до відстані між ребрами становить $0,5H \leq c \leq 2H$;
- віддаль між ребрами складає $c < 0,5H$.

Стінову панель резервуару необхідно розрахувати за II групою граничних станів на тріщиностійкість вважаючи, що все навантаження змінне тривале.



3.2. Силосні корпуси

Розташування силосних банок приймаємо рядове, кількість банок ≥ 6 . Висота підсилосного поверху приймається: 4,8; 6,0; 10,8 м залежно від розміру силосу. Конструкції, що підлягають розрахунку: стінка, воронка та днище силосу [2, 3, 6, 7, 8, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17]. Стінки силосів розраховуються у вертикальному і горизонтальному напрямках. Конструкція надсилосної галереї – металевий каркас, обшитий азбестоцементними листами.

На стінку силосу діють навантаження: вертикальні (вага конструкцій, снігове, тертя сипучого) та горизонтальні (тиск від сипучого, вітрове навантаження). Стінку силосу розраховують на тріщинностійкість. Воронку розраховують на розтяг від власної ваги та тиску сипучого в залежності від її прийнятого типу.

3.3. Бункер

Розташування бункерів приймається однорядне. Конструкції, що підлягають розрахунку: стінка та воронка бункера [2, 3, 6, 8, 11, 13, 14, 15, 16, 17].

Елементи бункера розраховують залежно від характеру їх руйнування :

- згин стінки з площини;
- розрив стінки та воронки від горизонтального розпору;
- відрив воронки від вертикальних стінок бункера;
- згин стінок бункера у своїй площині.

З усіх розрахунків приймається максимальна площа арматури.

3.4. Підпірна стіна з контрфорсами

На підпірну стіну діють навантаження: власна вага, вага ґрунту, активний та пасивний горизонтальний тиск ґрунту, навантаження на поверхні ґрунту. Вага стіни та ґрунту (в межах ширини підошви) визначаються за геометричними розмірами. Конструкції, що підлягають розрахунку: вертикальна та фундаментна плита, ребро.

Дані що до розрахунку та проектування підпірних стін наведені в [1, 2, 3, 8, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 17].



4. ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ ПРОЕКТУВАННЯ

Таблиця 1

Інженерна споруда та матеріал для її проектування

Остання цифра шифру	Тема роботи	Вид залізобетону
0	Циліндричний резервуар	монолітний
1	Циліндричний резервуар	збірний
2	Прямокутний резервуар	монолітний
3	Прямокутний резервуар	збірний
4	Бункер	монолітний
5	Сilosний корпус з круглими силосами	монолітний
6	Сilosний корпус з круглими силосами	збірний
7	Сilosний корпус з прямокутними силосами	монолітний
8	Сilosний корпус з прямокутними силосами	збірний
9	Підпірна стіна з контрфорсами	монолітний

Таблиця 2

Вихідні дані для розрахунку та проектування циліндричного резервуару з монолітного залізобетону

Передостання цифра шифру	Діаметр, м	Висота, м	Товщина стін, мм	Клас ненапруженої арматури	Клас напруженої арматури	Клас бетону	Питома вага ґрунту γ , т/м ³	Кут внутрішнього тертя, ϕ
0	8	4,8	140	A400C	A800	C16/20	1,6	30
1	10	3,6	120	A500C	B _p 1200	C12/15	1,8	26
2	12	4,8	160	A500C	A600	C25/30	1,9	32
3	18	3,6	120	A400C	B _p 1200	C20/25	2,0	24
4	24	4,8	160	A500C	B _p 1200	C16/20	1,7	33
5	12	3,6	200	A400C	B _p 1200	C12/15	1,65	27
6	42	3,6	200	A500C	A600	C25/30	2,0	36
7	30	4,8	180	A500C	A800	C25/30	1,95	37
8	24	3,6	200	A400C	A1000	C20/25	1,85	24
9	18	4,8	180	A500C	A600	C16/20	1,7	28



Таблиця 3

Вихідні дані для розрахунку та проектування циліндричного резервуару зі збірного залізобетону

Передостання цифра шифру	Діаметр, м	Висота, м	Товщина стін, мм	Клас ненапруженої арматури	Клас напруженої арматури	Клас бетону	Плитома вага ґрунту γ, т/м ³	Кут внутрішнього тертя, φ ⁰	Тип з'єднання стін з днищем
0	8	3,6	120	A400C	A800	C16/20	1,4	23	рухоме
1	10	4,8	140	A500C	A600	C20/25	1,8	28	жорстке
2	12	3,6	140	A400C	B _p 1200	C16/20	1,65	36	рухоме
3	18	4,8	160	A500C	A600	C25/30	1,9	39	жорстке
4	24	3,6	180	A400C	B _p 1200	C30/35	1,55	29	рухоме
5	12	4,8	200	A500C	A1000	C25/30	1,5	33	жорстке
6	42	4,8	240	A400C	A600	C30/35	2,0	27	рухоме
7	30	3,6	200	A500C	B _p 1200	C25/30	1,7	35	жорстке
8	24	4,8	160	A500C	A800	C20/25	1,95	31	жорстке
9	18	3,6	200	A400C	B _p 1200	C16/20	1,5	32	рухоме

Таблиця 4

Вихідні дані для розрахунку та проектування прямокутного резервуару з монолітного залізобетону

Передостання цифра шифру	Розмір в плані, м	Сітка колон, м	Висота, м	Товщина стін, мм	Клас робочої арматури	Клас бетону	Плитома вага ґрунту γ, т/м ³	Кут внутрішнього тертя φ ⁰
0	24×36	4×4	4,8	140	A500C	C16/20	1,4	30
1	6×12	6×6	3,6	160	A400C	C12/15	1,7	26
2	12×12	4×4	4,8	180	A500C	C20/25	1,55	33
3	12×18	6×6	3,6	140	A500C	C16/20	1,5	25
4	18×24	6×6	4,8	160	A400C	C25/30	1,7	28
5	24×30	6×6	3,6	180	A500C	C12/15	1,65	34
6	36×36	6×6	3,6	160	A400C	C20/25	1,8	29
7	48×48	4×4	4,8	160	A400C	C25/30	2,0	31
8	66×66	6×6	3,6	180	A500C	C25/30	1,9	37
9	24×30	6×6	4,8	200	A400C	C20/25	1,5	29



Таблиця 5

Вихідні дані для розрахунку та проектування прямокутного резервуару зі збірного залізобетону

Передостання цифра шифру	Розмір в плані, м	Сітка колон, м	Висота, м	Товщина стін, мм	Клас робочої арматури	Клас бетону	Питома вага прутку γ, т/м ³	Кут внутрішнього тертя φ ⁰
0	24×36	4×4	3,6	200	A400C	C20/25	1,65	23
1	6×12	6×6	4,8	140	A400C	C12/15	1,9	29
2	12×12	4×4	3,6	160	A500C	C16/20	1,55	26
3	12×18	6×6	4,8	180	A400C	C12/15	2,0	33
4	18×24	6×6	3,6	200	A500C	C20/25	1,7	32
5	24×30	6×6	4,8	160	A400C	C16/20	1,6	25
6	36×36	6×6	4,8	200	A400C	C20/25	1,5	31
7	48×48	4×4	3,6	160	A500C	C20/25	1,65	28
8	66×66	6×6	4,8	180	A500C	C25/30	1,8	30
9	24×30	6×6	3,6	180	A500C	C12/15	1,7	29

Таблиця 6

Вихідні дані для розрахунку та проектування силосного корпусу з прямокутними силосами із монолітного залізобетону

Передостання цифра шифру	Зовнішній розмір в плані, м	Висота, м	Товщина стін, мм	Клас бетону	Клас робочої арматури	Питома вага сипучого γ, т/м ³	Кут внутрішнього тертя φ ⁰	Коефіцієнт тертя, μ	Навантаж. на стінки силосу a, кН/м
0	4×6	26	180	C20/25	A400C	1,5	33	0,65	20
1	3×3	18	160	C12/15	A500C	1,6	38	0,42	18
2	3×6	28	200	C16/20	A400C	1,3	27	0,65	22
3	4×4	24	160	C25/30	A500C	1,25	29	0,8	19,5
4	3×4	22	180	C12/15	A400C	0,95	30	0,55	18
5	4×6	30	200	C16/20	A500C	1,15	26	0,7	18,5
6	3×6	32	160	C25/30	A500C	1,5	31	0,45	19
7	4×4	18	200	C20/25	A400C	1,3	28	0,6	24,5
8	3×4	28	160	C16/20	A500C	1,2	27	0,4	15
9	3×3	22	150	C12/15	A400C	1,25	24	0,5	14



Таблиця 7

Вихідні дані для розрахунку та проектування силосного корпусу з прямокутними силосами зі збірного залізобетону

Передостання цифра шифру	Зовнішній розмір в плані, м	Висота, м	Товщина стін, мм	Клас бетону	Клас робочої арматури	Питома вага сипучого γ , T/m^3	Кут внутрішнього тертя, ϕ^0	Коефіцієнт тертя, μ	Навантаж. на стінки силосу д. кН/м
0	4×4	28	140	C20/25	A400C	1,0	32	0,65	21
1	3×6	34	150	C25/30	A500C	1,3	27	0,8	23
2	3×3	20	100	C20/25	A400C	0,9	29	0,75	15,5
3	3×4	22	120	C20/25	A500C	1,5	21	0,52	17
4	4×4	22	120	C30/35	A400C	1,3	26	0,45	13,5
5	3×6	24	140	C32/40	A400C	1,6	31	0,6	18,5
6	4×6	18	120	C30/35	A400C	1,2	30	0,55	22,5
7	3×4	30	140	C32/40	A400C	0,95	26	0,5	12,5
8	4×6	26	160	C20/25	A500C	1,5	36	0,7	13
9	3×3	16	120	C16/20	A500C	1,35	33	0,45	12

Таблиця 8

Вихідні дані для розрахунку та проектування силосного корпусу з круглими силосами із монолітного залізобетону

Передостання цифра шифру	Зовнішній діаметр, м	Висота, м	Товщина стін, мм	Клас бетону	Клас ненапруженої арматури	Клас напруженої арматури	Кут внутрішнього тертя, ϕ^0	Коефіцієнт тертя, μ	Навантаж. на стінки силосу д. кН/м
0	6	14	180	C12/15	A400C	$B_p 1200 \dots 1500$	1,2	33	0,4
1	12	22	200	C20/25	A500C		0,75	38	0,5
2	18	32	180	C25/30	A500C		1,0	27	0,45
3	18	36	240	C20/25	A400C		1,0	28	0,6
4	6	20	160	C16/20	A500C		0,85	31	0,55
5	12	26	220	C20/25	A400C		1,5	26	0,7
6	18	24	220	C16/20	A500C		1,25	32	0,45
7	12	32	240	C25/30	A500C		1,6	24	0,55
8	6	26	200	C20/25	A400C		1,3	30	0,75
9	3	22	170	C16/20	A400C	-	1,4	28	0,5



Таблиця 9

Вихідні дані для розрахунку та проектування силосного корпусу з круглими силосами зі збірного залізобетону

Передостання цифра шифру	Вихідні дані для розрахунку та проектування силосного корпусу з круглими силосами зі збірного залізобетону					Клас напружен. арматури	Питома вага сипучого γ, $\text{т}/\text{м}^3$	Кут внутрішнього тертя, φ₀	Коефіцієнт тертя, μ	Навантаж. на стінки силосу a, $\text{kN}/\text{м}$
	Зовнішній діаметр, м	Висота, м	Товщина стін, мм	Клас бетону	Клас робочої арматури					
0	12	20	140	C25/30	A500C	1,7	38	0,4	21	
1	6	16	100	C20/25	A400C	1,4	33	0,5	12,5	
2	18	32	200	C32/40	A500C	1,5	31	0,45	26,5	
3	18	26	180	C30/35	A400C	1,15	24	0,6	15	
4	12	24	120	C30/35	A500C	1,6	27	0,55	13	
5	6	24	140	C32/40	A500C	0,75	30	0,7	16,5	
6	3	20	140	C20/25	A400C	1,2	26	0,65	15,5	
7	18	22	160	C25/30	A500C	0,85	33	0,8	22	
8	12	26	160	C32/40	A400C	0,9	21	0,75	16	
9	6	18	120	C25/30	A500C	1,0	26	0,42	14	

Таблиця 10

Вихідні дані для розрахунку та проектування бункера з монолітного залізобетону

Передостання цифра шифру	Вихідні дані для розрахунку та проектування бункера з монолітного залізобетону					Питома вага сипучого γ, $\text{т}/\text{м}^3$	Кут внутрішнього тертя, φ₀	Коефіцієнт тертя, μ	Навантаж. на стінки бункера a, $\text{kN}/\text{м}$
	Зовнішній розмір в плані, м	Висота, м	Товщина стін, мм	Клас бетону	Клас робочої арматури				
0	4×6	6	180	C20/25	A400C	1,2	33	0,51	0,51
1	3×3	5	150	C16/20	A500C	1,4	25	0,65	
2	3×6	8	180	C25/30	A500C	1,55	31	0,5	
3	4×4	6	150	C25/30	A400C	1,65	25	0,75	
4	3×4	5	160	C20/25	A500C	1,25	34	0,6	
5	4×6	5	200	C25/30	A500C	1,0	37	0,57	
6	3×6	9	170	C20/25	A400C	0,95	28	0,7	
7	4×4	5	180	C20/25	A500C	1,4	30	0,4	
8	3×4	6	150	C16/20	A400C	0,85	29	0,8	
9	3×3	4	160	C20/25	A400C	1,5	27	0,44	



Таблиця 11

Вихідні дані для розрахунку та проектування підпірної стіни з
контрфорсами із монолітного залізобетону

Передостання цифрашифру	Повна висота стіни, м	Глибина закладання пілонів, м	Питома вага ґрунту γ , Т/м ³	Клас бетону	Клас робочої арматури	Кут внутрішнього теня, ϑ^0	Коефіцієнт тертя ґрунту об бетон. ч	Опір ґрунту R_0 , кПа	Тимчасове навантаження на поверхні q , кПа
0	7,5	1,7	1,5	C20/25	A400C	24	0,6	290	7,0
1	7,8	1,3	2,1	C12/15	A500C	33	0,35	300	12
2	8,5	2,3	1,6	C20/25	A400C	30	0,5	230	6,0
3	6,5	1,6	1,85	C16/20	A500C	25	0,4	250	10
4	8,0	2,0	1,55	C16/20	A400C	31	0,6	220	11
5	6,6	1,8	2,0	C12/15	A400C	36	0,4	260	8
6	5,8	1,2	1,7	C20/25	A240C	23	0,5	310	14
7	7,0	1,5	1,65	C20/25	A400C	37	0,55	240	5,5
8	6,8	1,5	1,9	C12/15	A500C	34	0,3	270	10,5
9	6,0	1,4	1,75	C16/20	A400C	27	0,45	200	7,5

та природокористування

РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА

- Інженерні конструкції : підручник / Є.М. Бабич та ін. Львів, 1991. 352 с.
- Барашихов А.Я. Будівельні конструкції : підручник для студ. ВНЗ / А.Я. Барашихов, В.М. Колякова. – К. : Видавничий дім «Слово», 2011. – 256 с.
- Залізобетонні конструкції : підручник / Вахненко П.Ф. та ін. Київ : Вища школа, 1999. 508 с.
- Єврокод 2. Проектування залізобетонних конструкцій. Частина 1-1. Загальні правила і правила для споруд : ДСТУ-Н Б ЕН 1992-1-1:2010. – К. : Мінрегіонбуд України, 2012. – 312 с.
- Будівництво у сейсмічних районах України : ДБН В.1.1-12-2014. – К. : Мінрегіонбуд України, 2014. – 110 с. – (Національний стандарт України).
- Барашихов А.Я. Железобетонные конструкции : курсовое и дипломное проектирование ; под ред. А.Я. Барашихов. – К. : Вища школа, 1987. – 4716 с.



7. Павліков А.М. Залізобетонні конструкції: будівлі, споруди та їх частини : підручник / А.М. Павліков. – Полтава : ПолНТУ, 2015. – 284 с.

8. ДСТУ Б В.2.6-156:2010 Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2011. 118 с.

9. Павліков А.М. Проектування монолітних ребристих перекриттів : навч. посібник / А.М. Павліков, О.В. Бойко ; за ред. А.М. Павлікова. – Полтава : ПолНТУ, 2015. – 84 с.

10. ДСТУ 3760: 2006 Прокат арматурний для залізобетонних конструкцій. Загальні технічні вимоги. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 2007. 28 с.

11. Мурашко Л.А., Колякова В.М., Сморкалов Д.В. Розрахунок за міцністю перерізів нормальних та похилих до поздовжньої осі згинальних залізобетонних елементів за ДБН В.2.6-98:2009 : навч. посіб. Київ : Видавництво КНУБА, 2012. 62 с.

12. ДБН В.1.2-2:2006 Навантаження і впливи. Норми проектування. Вид. офіц. Київ : Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України, 2006. 75 с.

13. ДБН В.2.6-98:2009 Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення проектування. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. 97 с.

14. Масюк Г.Х. Залізобетонні конструкції інженерних споруд промислових підприємств : навч. посіб. Рівне : НУВГП, 2010. 212 с.

15. Практичний розрахунок елементів залізобетонних конструкцій за ДБН В.2.6-98:2009 у порівнянні з розрахунками за СНиП 2.03.01-84* і EN 1992-1-1 (Eurocode 2). / за заг. ред. В.С. Шмуклера. Харків : Золоті сторінки, 2015. 208 с.

16. Практичний посібник із розрахунку залізобетонних конструкцій за діючими нормами України (ДБН В.2.6-98:2009) та новими моделями деформування, що розроблені на їхню заміну / Бамбура А.М., Павліков А.М., Колчунов В.І. та ін. Київ : Талком, 2017. 627 с.

17. Проектування залізобетонних конструкцій : посібник / А.М. Бамбура, І.Р. Сазонова, О.В. Дорогова, О.В. Войцехівський ; за ред. А.М. Бамбури. Київ : Майстер книг, 2018. 240 с.