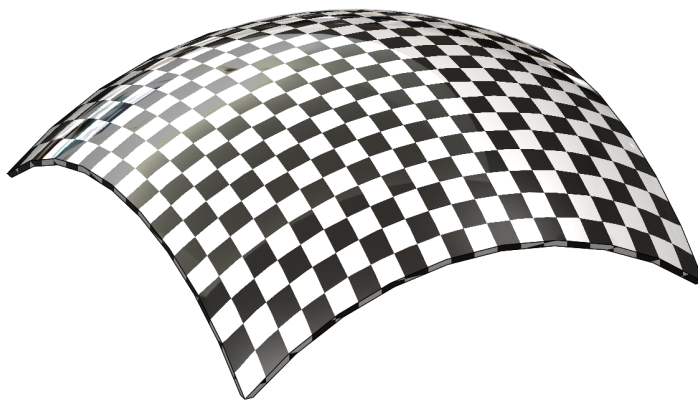




МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання розрахункової роботи «Оболонки позитивної гаусової кривизни на прямокутному плані» з дисципліни «Будівельні конструкції (спецкурс)» для студентів спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія», освітньо-професійної програми «Промислове і цивільне будівництво»



Укладач: С.І. Сахно

Відповідальний за випуск: Валовой О.І.

Рецензент: Люльченко Є.В.

Рекомендовано кафедрою
промислового, цивільного і міського
будівництва протокол № 1 від 04/09
2019 року

Метою методичних вказівок є допомога студентам під час підготовки до виконання розрахункової роботи «Оболонки позитивної гаусової кривизни на прямокутному плані» з дисципліни «Будівельні конструкції (спецкурс)» згідно навчального плану.

Розглянуто на засіданні кафедри
промислового, цивільного і
міського будівництва
Протокол № 1 від 04.09.2019

Схвалено на вченій раді
будівельного факультету.
Протокол № 2 від 26.10.2019

ЗМІСТ

ОБОЛОНКИ ПОЗИТИВНОЇ ГАУСОВОЇ КРИВИЗНИ НА ПРЯМОКУТНОМУ ПЛАНІ	4
1. ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ.....	4
2. СПРОЩЕНИЙ РОЗРАХУНОК ОКРЕМО РОЗТАШОВАНОЇ ОБОЛОНКИ ПОЗИТИВНОЇ ГАУСОВОЇ КРИВИЗНИ	5
3. КОНСТРУЮВАННЯ ОБОЛОНОК	7
4. РОЗРАХУНОК ОБОЛОНКИ ПОЗИТИВНОЇ ГАУСОВОЇ КРИВИЗНИ....	8
Конструкція оболонки.....	8
Перевірка оболонки на стійкість.....	12
Розрахунок оболонки на рівномірно розподілене симетричне навантаження.	12
Розрахунок приконтурної зони оболонки	17
Розрахунок плити	17
Розрахунок опорного контуру оболонки.....	19
Розрахунок стику контурного ригеля Ошибка! Закладка не определена.	
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	27
ДОДАТКИ	29

ОБОЛОНКИ ПОЗИТИВНОЇ ГАУСОВОЇ КРИВИЗНИ НА ПРЯМОКУТНОМУ ПЛАНІ

1. ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ

Пологими вважаються оболонки, що мають невеликий підйом над опорним планом при

$$f_1 \leq a/5 \text{ і } f_2 \leq b/5, \quad (1)$$

де $2a$ і $2b$ - розміри боку оболонки в плані; f_1 і f_2 - стріли підйому оболонки на контурі (рис. 1).

Тип серединної поверхні характеризує форму оболонки. В якості серединної рекомендовано приймати поверхню перенесення або обертання. Утворюючими для всіх поверхонь в практиці проектування зазвичай приймаються кругові криві.

Для збірних оболонок тип поверхні визначається схемою розрізання, можливостями уніфікації і зручністю виготовлення збірних елементів, а також умовами зведення оболонок. Членування оболонок на плити здійснюється системою радіальних січних площин, що проходять через вісь обертання, і системою вертикальних площин, перпендикулярних цій осі. При такому членуванні смуги між рівновіддаленими радіальними січними площинами усередині оболонки є рівновеликими, що дозволяє скоротити число типорозмірів збірних плит.

Оболонки по контуру спираються на діафрагми, які виконуються у вигляді арок, ферм або балок, а також криволінійних брусів, покладених на стіни або це можуть бути окремо стоячі колони, густо розташовані по периметру будівлі.

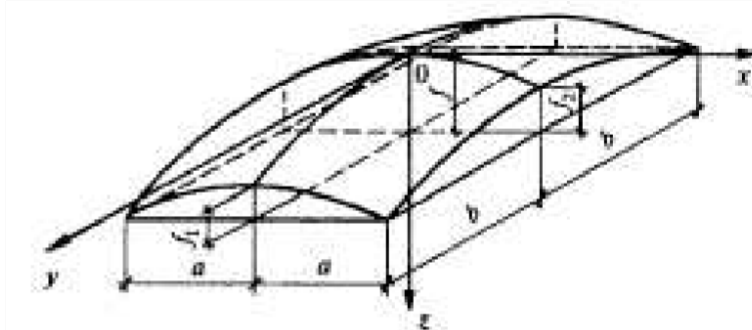


Рис. 1. Схема оболонки позитивної гаусової кривизни

Залежно від кількості і розташування елементів будівлі оболонки можуть проектуватися як окремо розташованими (однохвильові) і багатохвильовими в

одному і двох напрямках. Багатохвильові оболонки можуть бути розрізними і нерозрізними.

В оболонках допускається влаштування zenітних або світлоаераційних ліхтарів, розташованих в середній зоні, а також передача навантаження від підвісних кранів або тельферів, шляхи яких кріпляться до оболонок на спеціальних підвісках.

2. СПРОЦЕННИЙ РОЗРАХУНОК ОКРЕМО РОЗТАШОВАНОЇ ОБОЛОНКИ ПОЗИТИВНОЇ ГАУСОВОЇ КРИВИЗНИ

У пологої оболонці виникає система зусиль що включає нормальні сили N_1, N_2 , зсувну S і поперечну Q сили, а також згинальні M_1, M_2 і крутні $T_{1,2}, T_{2,1}$ моменти (рис. 2).

Залежно від ступеня пологості, характеру навантаження і умов обпирання по контуру, розрахунок пологих оболонок принципово може проводитися по безмоментній теорії. Безмоментна теорія з урахуванням згинальних моментів, виникаючих в опорній зоні (крайовий ефект), може бути використана в попередніх розрахунках шарнірно обпертих оболонок при рівномірно розподіленім навантаженням. Зусилля в оболонці рекомендується визначати за формулами:

а) нормальні сили N_1 в напрямку осі x і N_2 в напрямку осі y по лінії $y = 0$

$$N_1 = \frac{ql^2}{\delta} k_{N_1}; \quad N_2 = \frac{ql^2}{\delta} k_{N_2} \quad (2)$$

б) згинальні моменти в напрямку осі x по лінії $y = 0$

$$M = ql^2 k_M; \quad (3)$$

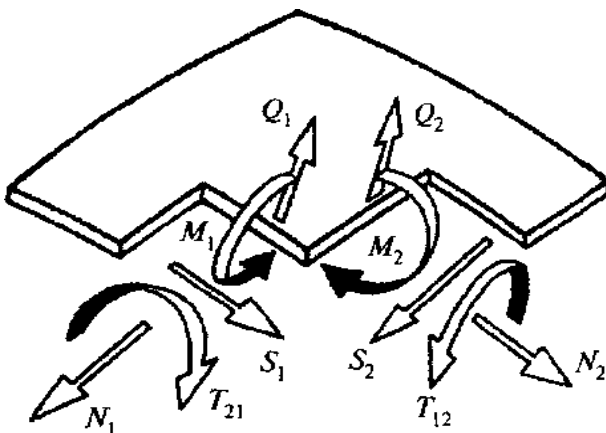


Рис. 2. Схема зусиль у пологих оболонках

в) зсувні зусилля по гранях оболонки

$$S = -\frac{ql^2}{\delta} k_s ; \quad (4)$$

г) поперечні сили, що діють по гранях оболонки

$$Q = qlk_Q ; \quad (5)$$

д) головні зусилля, що діють в оболонці в напрямку діагоналі і нормально до неї

$$N_{\Gamma L} = \frac{ql^2}{\delta} k_{\Gamma L} , \quad (6)$$

де k_{N1} , k_{N2} , k_M , k_s , k_Q , $k_{\Gamma L}$ – коефіцієнти, що визначаються за таблицями дод.1 – 6; δ – фіктивна товщина оболонки.

Однобічне рівномірно розподілене навантаження замінюється комбінованим з симетричного і зворотно симетричного навантажень.

При назад симетричному навантаженні моменти виникають не лише на приопорних ділянках, але і в середній частині оболонки в місцях перепаду навантажень. Проте вони носять умовний характер, оскільки насправді різкого перепаду навантаження в середній частині оболонки немає. Поблизу контуру оболонки виникає спотворення безмоментного напруженого стану, оскільки тут діють краєві вигинальні моменти і поперечні сили. Для наближених розрахунків приймається, що вигинальний стан оболонки має характер краєвого ефекту і швидко затухає у міру видалення від краю оболонки. Зона дії моментів, що вигинають, поширюється не далі $(3...4)S$ від края, де

$$S = 0,76\sqrt{R\delta} \quad (7)$$

Навантаженням на діафрагми оболонок є поперечні сили, а також опорний тиск, що передається по гранях у вигляді зрушуючих сил S , дотичних до серединної поверхні оболонки, зворотних по напрямку і рівних по величині зрушуючим зусиллям в оболонці.

При розрахунку діафрагм, що виконуються у вигляді ферм, зусилля збираються у вузли.

У оболонках з контурними елементами у вигляді криволінійного бруса, опертого на колони, розтягувальні зусилля сприймаються контурними брусами і частково оболонкою, головні зусилля до кутів зменшуються, а в місцях примикання до діафрагм виникають значні по величині негативні вигинаючі моменти.

З достатньою для практики точністю зусилля розтягування по контуру і зусилля стискування в середній зоні оболонки можуть бути знайдені з розрахунку без врахування спільної роботи оболонки з контурними елементами.

Розрахунок кількості арматури в кутовій зоні оболонки і її розподіл уздовж діагоналі рекомендується робити після побудови епюри головного

напруження розтягу в діагональному перетині. Потім оболонку рекомендується розділити на ділянки, для кожної з яких по епюрі визначити сумарне зусилля, а по ньому необхідну кількість арматури. На зсувні зусилля перевіряється кількість арматури в контурі.

3. КОНСТРУЮВАННЯ ОБОЛОНОК

Пологі оболонки можуть бути гладкими і ребристими. Товщина і армування середньої зони гладких оболонок, де діють тільки стискальні зусилля, призначаються конструктивно. Мінімальний діаметр застосовуваної арматури приймається 3 мм. В межах одного арматурного виробу (сітка, каркас) рекомендується приймати не більше 2-3 різних діаметрів арматури. Плиту в приконтурних і кутових зонах оболонки рекомендується потовщувати з метою розміщення додаткової арматури і сприйняття діючих зусиль, збільшених в порівнянні з центральною зоною.

Потовщення оболонки уздовж контуру доцільно виконувати на всій ширині дії приконтурних згинальних моментів з плавним переходом до постійної товщини за зоною дії згинальних моментів.

Товщина оболонки в кутовій зоні вибирається з розрахунку при дотриманні умови, що головні розтягуючі $\sigma_{Gr} \leq 0,3Rb$, головні стискаючі $\sigma_{ГС} \leq Rb$ або з конструктивних міркувань з тим, щоб забезпечити розміщення необхідної кількості арматури з урахуванням двох захисних шарів.

У приконтурних ділянках оболонки, в зоні дії згинальних моментів, укладається додаткова арматура. Для сприйняття зусиль розтягу, що діють паралельно контуру, у нижній межі оболонки на припорних ділянках укладається розрахункова або конструктивна арматура.

Для сприйняття головних напружень розтягу, що діють в кутових зонах, рекомендується до основної арматури додавати косу, перпендикулярну діагоналі плану. В оболонках прольотом більше 40 м цю арматуру рекомендується виконувати попередньо напруженою. Поблизу кутів оболонки цю арматуру рекомендується замінювати звичайною.

У збірних оболонках габарити плит визначаються вимогами забезпечення їх економічності по витраті матеріалів, уніфікації, технологічності виготовлення, обраного способу монтажу. За формою поверхні плити можуть бути плоскими, циліндричними або подвійної кривизни. Для оболонок рекомендується застосовувати циліндричні плити, оскільки плити подвійної кривизни складні у виготовленні, а плоскі вимагають підвищеної витрати матеріалів.

При плоских плитах реальна поверхня являє собою багатогранник. У будівельній практиці найбільше застосування знайшли плоскі плити розміром 3×3 м і циліндричні розміром 3×6 або 3×12 м. Плити рекомендується

проектувати з контурними і проміжними ребрами. У плитах розміром 3×6 м рекомендується приймати одне, а в плитах 3×12 м - два або три поперечних ребра.

Застосовувана система ребер повинна забезпечити міцність і жорсткість плит в стадії транспортування і монтажу, міцність і стійкість оболонки в стадії експлуатації, можливість устрою прорізів для світлоаераційних елементів і підвісок для кранових шляхів. Товщина оболонки в кутових зонах зазвичай збільшується. Однак для збірних оболонок введення нового типорозміру плит з потовщеною полицею і посиленням армуванням часто виявляється економічно недоцільним. В цьому випадку потовщення плити оболонки рекомендується виконувати за допомогою набетонки монолітного залізобетону, що укладається поверх збірних плит. При цьому слід вживати необхідних заходів для забезпечення зчеплення старого і нового бетону. В межах набетонки розташовується додаткова коса арматура, що встановлюється з розрахунку.

Для більш плавної передачі зсувних сил, приопорні ділянки між оболонками над контурними елементами замонолічуються на всю висоту панелей. На цих ділянках рекомендується розташовувати металеві упори, що приварені до контурних елементів і які сприймають зсувні зусилля.

Залізобетонні контурні ферми можуть мати розкісні і безрозкісні грати. Для прольотів 18 і 24 м контурні елементи приймаються залізобетонними, при великих прольотах доцільно застосовувати розкісні сталеві ферми. Торці взаємно перпендикулярних контурних ферм слід з'єднувати між собою, в тому числі звареними накладками для сприйняття головних зусиль розтягу.

В оболонках з контурними елементами у вигляді криволінійного бруса, обпертого на колони, в контурних брусах поряд із зусиллями розтягу діють згинальні моменти, за характером аналогічні згинальним моментам в багатопрольотних нерозрізних балках - в середній частині прольоту між колонами найбільш розтягнута нижня грань бруса, на ділянках у колони - верхня. Арматура по контуру визначається з розрахунку на позацентричний розтяг і може повністю розміщуватися в контурних брусах.

4. РОЗРАХУНОК ОБОЛОНКИ ПОЗИТИВНОЇ ГАУСОВОЇ КРИВИЗНИ

Конструкція оболонки

Для покриття залу розміром в плані $A \times B = 36 \times 36$ м прийнята оболонка позитивної гаусової кривизни. Вона монтується з плит номінальним розміром 3×3 м. Опорний контур складається з криволінійних балок прямокутного поперечного перерізу $b \times h = 40 \times 60$ см, що спираються на залізобетонні колони з кроком 6 м (рис. 8). Стріла підйому контурної дуги

$$f = 0,1A = 0,1 \cdot 36 = 3,6 \text{ м},$$

оболонки

$$f_{об} = 2f = 2 \cdot 3,6 = 7,2 \text{ м}.$$

Центральний радіус

$$r = 0,5 \cdot \frac{\left(f^2 + \frac{A^2}{4}\right)}{f} = 0,5 \cdot \frac{\left(3,6^2 + \frac{36^2}{4}\right)}{3,6} = 46,8 \text{ м}$$

Центральний радіус оболонки

$$R_{об} = r + f = 46,8 + 3,6 = 50,4 \text{ м}.$$

Геометричні характеристики плити (рис. 3, 4)

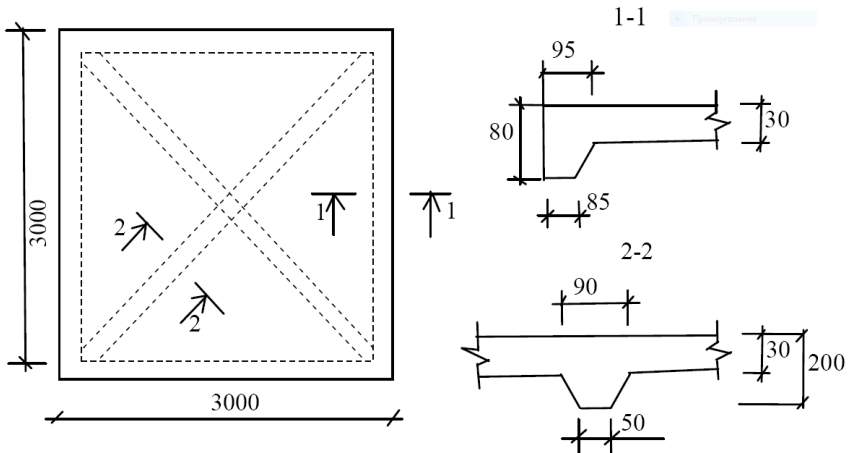


Рис. 3. Схема збірної плити

Мала висота оздоблюючих ребер (80 мм) дозволяє полегшити замонолічування швів.

Бетон плит В30 з $R_b = 17 \text{ МПа}$; $R_{bt} = 1,2 \text{ МПа}$; $E_b = 32500 \text{ МПа}$.

Положення центра ваги перерізу, паралельного діагональним ребрам, що проходить посередині між ними (з урахуванням бетону замонолічування швів), рис. 4:

$$x_{ц.г} = \frac{S}{A} = \frac{214 \cdot 3 \cdot 18,5 + 7 \cdot 17 \cdot 8,5 + 2 \cdot 5 \cdot 15,5 \cdot 14,5}{214 \cdot 3 + 7 \cdot 17 + 2 \cdot 5 \cdot 5} = \frac{15136}{916} = 16,5 \text{ см}$$

Момент інерції

$$I = \frac{214 \cdot 3^3}{12} + 214 \cdot 3 \cdot 2^2 + \frac{7 \cdot 17^3}{12} + 7 \cdot 17 \cdot 8^2 + 2 \cdot \frac{15,5 \cdot 5^3}{12} + 2 \cdot 15,5 \cdot 5 \cdot 2^2 = 14474 \text{ см}^4$$

$$A = 214 \cdot 3 + 7 \cdot 17 + 2 \cdot 15,5 \cdot 5 = 916 \text{ см}^2;$$

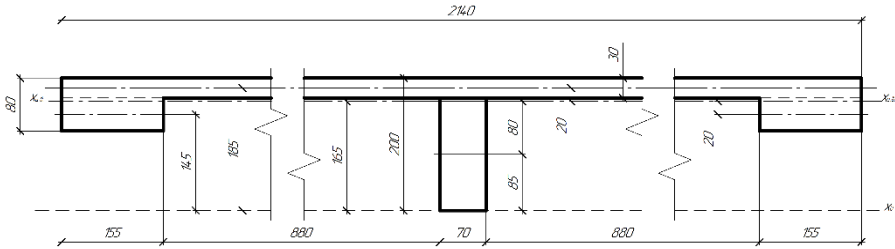


Рис. 4. Розрахунковий перетин панелі

Фіктивна товщина оболонки:

– по площі

$$\delta_1 = \frac{A}{l_{пл}} + 1 = \frac{916}{300} + 1 = 4,1 \text{ см}$$

– по моменту інерції

$$\delta_2 = \sqrt[3]{\frac{12I}{l_{пл}}} = \sqrt[3]{\frac{12 \cdot 14474}{300}} = 8,3 \text{ см}$$

– по радіусу інерції

$$\delta_3 = \sqrt[2]{\frac{12I}{A}} = \sqrt[2]{\frac{12 \cdot 14474}{916}} = 13,8 \text{ см}$$

Збір навантажень наведено в табл. 1.

Таблиця 1 — Збір навантажень на оболонку

Вид навантаження	Нормативне навантаження, кН/м ²	Коеф. γ_m	Розрахункове навантаження, кН/м ²
Власна вага оболонки $\delta = 4$ см	$0,04 \cdot 25 = 1$	1,1	1,1
Ц/П стяжка $\delta = 2$ см	$0,02 \cdot 18 = 0,36$	1,3	0,468
Гідроізоляційний килим і пароізоляція	0,2	1,3	0,26
Утеплювач $\delta = 9$ см, $\gamma = 1,6$ кН/м ³	$0,09 \cdot 1,6 = 0,15$	1,2	0,18
Разом: постійна	1,71		2
Снігова	0,5		0,86
Повна	2,21		2,72

Місто Шостка — розрахункове снігове навантаження $S_q = 1,8$ кН/м². Згідно [20] при середній швидкості вітру за зимовий період $V \geq 2$ м/с значення снігового навантаження множать на коефіцієнт

Коефіцієнт C_e враховує вплив особливостей режиму експлуатації на накопичення снігу на покрівлі (очищення, танення тощо) і встановлюється завданням на проектування.

При визначенні снігових навантажень для неутеплених покрівель цехів з підвищеною тепловіддачею при ухилах покрівлі понад 3% і забезпеченні належного відводу талої води слід приймати $C_e = 0,8$.

Коефіцієнт μ визначається за додатком Ж залежно від форми покрівлі і схеми розподілу снігового навантаження, при цьому проміжні значення коефіцієнта слід визначати лінійною інтерполяцією.

Коефіцієнт надійності за граничним розрахунковим значенням снігового навантаження γ_{fm} визначається залежно від заданого середнього періоду повторюваності T за табл. 8.1 [20].

$$\mu = \frac{l}{8f} = \frac{36}{8 \cdot 7,2} = 0,625 > 0,4$$

$$\text{Тоді } S = S_q \mu c_e = 1,8 \cdot 0,625 \cdot 0,8 = 0,9 \text{ кН} / \text{м}^2.$$

$$\text{Нормативне значення } S_{ser} = 0,9 \cdot 0,7 = 0,6 \text{ кН/см}^2.$$

Перевірка оболонки на стійкість

Фактичний модуль пружності

$$E_{\phi.Б} = \frac{E_b A}{b \delta_3} = \frac{32,5 \cdot 10^3 \cdot 916}{88 \cdot 13,8} = 24581 \text{ МПа},$$

де $b = 88$ см – відстань між ребрами.

Модуль деформації бетону прийнятий при середній вологості повітря понад 40%.

$$E_{дБ} = 0,319 E_{\phiБ} = 0,319 \cdot 24581 = 7841 \text{ МПа}.$$

Граничне навантаження на оболонку

$$[q] = 0,2 E_{дБ} \left(\frac{\delta_3}{R_{06}} \right)^2 k = 0,2 \cdot 7820 \left(\frac{13,8}{5040} \right)^2 \cdot 1 = 0,01 \text{ МПа} = 10 \text{ кПа} > q = 2,72 \text{ кПа}.$$

Стійкість оболонки забезпечено.

Розрахунок оболонки на рівномірно розподілене симетричне навантаження.

Параметри:

$$\lambda_1 = 1,17 \sqrt{\frac{f_{o6}}{\delta_1}} = 1,17 \sqrt{\frac{720}{4,1}} = 15,6$$

$$\lambda_2 = 1,17 \sqrt{\frac{f_{o6}}{\delta_2}} = 1,17 \sqrt{\frac{720}{8,3}} = 10,9$$

Перевіряємо прийнятну товщину оболонки в центрі. Нормальні зусилля на 1 м довжини

$$N_{xx} = N_{yy} = -\frac{ql^2}{8f_{o6}} = -\frac{2,9 \cdot 1296}{8 \cdot 7,2} = 65,25 \text{ кН / м}.$$

Напруження в помості (полиці) плити

$$\sigma_{cp} = \frac{N}{\delta_n} = -\frac{65,25}{3 \cdot 100} = -0,22 \text{ кН / см}^2 = -2,2 \text{ МПа} < R_b = 17 \text{ МПа}.$$

Прийнята товщина 3 см достатня.

При рівномірно розподіленому навантаженні значні згинальні моменти виникають тільки на приопорних зоні оболонці.

$$M = ql^2 k_N = 2,9 \cdot 36^2 k_M = 35,25 \frac{k_M}{100}.$$

При $\lambda = 10,9$ та $x/l = 0,05$, $k_M = 0,0232$ згідно дод. 3.

$$M = 35,25 \cdot 0,0232 = 0,87 \frac{\kappa H}{m}.$$

Визначаємо максимальні значення нормальних сил діючих в полі оболонки:

$$N_1 = \frac{ql^2}{\delta_1} k_{N1} = \frac{2,9 \cdot 36^2}{0,04} k_{N1} = -928,94 \frac{k_{N1}}{100}$$

де k_{N1} и k_{N2} – визначаємо згідно дод. 1, 2 при $\lambda = 15,7$.

При

$$\frac{x}{l} = 0 \quad N_1 = 0;$$

$$\frac{x}{l} = 0,1 \quad N_1 = -928,94 \times 0,023 = -21,5 \text{ кН/м};$$

$$\frac{x}{l} = 0,2 \quad N_1 = -928,94 \times 0,043 = -40,2 \text{ кН/м};$$

$$\frac{x}{l} = 0,3 \quad N_1 = -928,94 \times 0,059 = -54,5 \text{ кН/м};$$

$$\frac{x}{l} = 0,4 \quad N_1 = -928,94 \times 0,068 = -63,3 \text{ кН/м};$$

$$\frac{x}{l} = 0,5 \quad N_1 = -928,94 \times 0,071 = -66,0 \text{ кН/м};$$

$$N_2 = \frac{ql^2}{\delta_1} k_{N2} = -928,94 \frac{k_{N2}}{100}$$

$$\frac{x}{l} = 0 \quad N_2 = 0;$$

$$\frac{x}{l} = 0,07 \quad N_2 = -928,94 \times 0,134 = -132,7 \text{ кН/м};$$

$$\frac{x}{l} = 0,1 \quad N_2 = -928,94 \times 0,1235 = -122,0 \text{ кН/м};$$

$$\frac{x}{l} = 0,2 \quad N_2 = -928,94 \times 0,0986 = -91,6 \text{ кН/м};$$

$$\frac{x}{l} = 0,3 \quad N_2 = -928,94 \times 0,0833 = -76,4 \text{ кН/м};$$

$$\frac{x}{l} = 0,4 \quad N_2 = -928,94 \times 0,0738 = -68,3 \text{ кН/м};$$

$$\frac{x}{l} = 0,5 \quad N_2 = -928,94 \times 0,071 = -66,0 \text{ кН/м}.$$

Найбільші напруження, що діють в полі оболонки

$$\sigma_2^{\max} = \frac{N_2^{\max}}{\delta_1} = -\frac{122}{400} \cdot 10 = -3,3 \text{ МПа} < R_b = 17 \text{ МПа}$$

Міцність оболонки забезпечена.

Зсувні зусилля по гранях оболонки

$$S = \frac{ql^2}{\delta_1} k_s = -928,94 \frac{k_s}{100},$$

де k_s – з дод. 4 при $\lambda=15,7$.

При

$$\frac{x}{l} = 0 \quad S = -928,94 \times 0,284 = -263,8 \text{ кН/м};$$

$$\frac{x}{l} = 0,1 \quad S = -928,94 \times 0,154 = -143,9 \text{ кН/м};$$

$$\frac{x}{l} = 0,2 \quad S = -928,94 \times 0,0895 = -81,7 \text{ кН/м};$$

$$\frac{x}{l} = 0,3 \quad S = -928,94 \times 0,0522 = -48,3 \text{ кН/м};$$

$$\frac{x}{l} = 0,4 \quad S = -881,3 \times 0,0241 = -22,7 \text{ кН/м};$$

$$\frac{x}{l} = 0,5 \quad S = 0.$$

Визначаємо поперечні сили, що діють по гранях оболонки

$Q = qlk_Q = 2,9 \cdot 36k_Q = 104,4 \times k_Q$, k_Q – по дод. 6 при $\lambda = 15,6$, оскільки в таблиці нема значень k_Q при $\lambda = 15,6$, приймаються значення k_Q при $\lambda = 11$.

При

$$\frac{x}{l} = 0 \quad Q = 0 ;$$

$$\frac{x}{l} = 0,05 \quad Q = -104,4 \times 0,0232 = -2,48 \text{ кН/м};$$

$$\frac{x}{l} = 0,1 \quad Q = -104,4 \times 0,0216 = -2,29 \text{ кН/м};$$

$$\frac{x}{l} = 0,2 \quad Q = -104,4 \times 0,0204 = -2,09 \text{ кН/м};$$

$$\frac{x}{l} = 0,3 \quad Q = -104,4 \times 0,0208 = -2,15 \text{ кН/м};$$

$$\frac{x}{l} = 0,4 \quad Q = -104,4 \times 0,0204 = -2,12 \text{ кН/м};$$

$$\frac{x}{l} = 0,5 \quad Q = -104,4 \times 0,0208 = -2,14 \text{ кН/м}.$$

Головні зусилля $N_{\text{зол}}^I$ і $N_{\text{зол}}^{II}$, що діють в оболонці в напрямку діагоналі, визначаємо за формулою

$$N_{\text{зол}}^{I,II} = \frac{ql^2}{\delta_1} k_{\text{зол}}^{I,II} = -926,93 \frac{k_{\text{зол}}^{I,II}}{100}$$

де $k_{\text{зол}}^{I,II}$ – з дод. 5 при $\lambda = 15,6$.

При

$$\frac{x}{l} = 0 \quad \frac{y}{l} = 0,5 \quad N_{\text{зол}}^I = -926,93 \times 0,284 = -263,8 \text{ кН/м};$$

$$\frac{x}{l} = 0,1 \quad \frac{y}{l} = 0,4 \quad N_{\text{зол}}^I = -926,93 \times 0,198 = -191,0 \text{ кН/м};$$

$$\frac{x}{l} = 0,2 \quad \frac{y}{l} = 0,3 \quad N_{\text{зол}}^I = -926,93 \times 0,13 = -120,9 \text{ кН/м};$$

$$\frac{x}{l} = 0,3 \quad \frac{y}{l} = 0,2 \quad N_{\text{зол}}^I = -926,93 \times 0,098 = -89,8 \text{ кН/м};$$

$$\frac{x}{l} = 0,5 \quad \frac{y}{l} = 0 \quad N_{\text{зол}}^I = -926,93 \times 0,071 = -66,0 \text{ кН/м};$$

— перпендикулярно діагоналі

$$\frac{x}{l} = 0 \quad \frac{y}{l} = 0,5 \quad N_{\text{зол}}^{II} = -926,93 \times 0,284 = 263,8 \text{ кН/м};$$

$$\frac{x}{l} = 0,1 \quad \frac{y}{l} = 0,4 \quad N_{\text{зол}}^{\text{II}} = -926,93 \times 0,045 = -39,6 \text{ кН/м};$$

$$\frac{x}{l} = 0,2 \quad \frac{y}{l} = 0,3 \quad N_{\text{зол}}^{\text{II}} = -926,93 \times 0,013 = -12,5 \text{ кН/м};$$

$$\frac{x}{l} = 0,3 \quad \frac{y}{l} = 0,2 \quad N_{\text{зол}}^{\text{II}} = -926,93 \times 0,0442 = -40,2 \text{ кН/м};$$

$$\frac{x}{l} = 0,5 \quad \frac{y}{l} = 0 \quad N_{\text{зол}}^{\text{II}} = -926,93 \times 0,071 = -66,0 \text{ кН/м}.$$

Зусилля, що діють в оболонці наведено на рис. 5.

Для сприйняття головних зусиль розтягу $N_{\text{зол}}^{\text{II}}$ в кутах необхідно встановити додаткову арматуру, а для сприйняття зусиль $N_{\text{зол}}^{\text{I}}$ виконати набетонку.

Арматура А400 з $R_s = 355 \text{ МПа}$.

$$N_{\text{зол}}^{\text{II}} = 251 \text{ кН/м}; \quad A_s^{mp} = \frac{N_{\text{зол}}^{\text{II}}}{R_s} = \frac{264 \cdot 10}{355} = 7,43 \text{ см}^2.$$

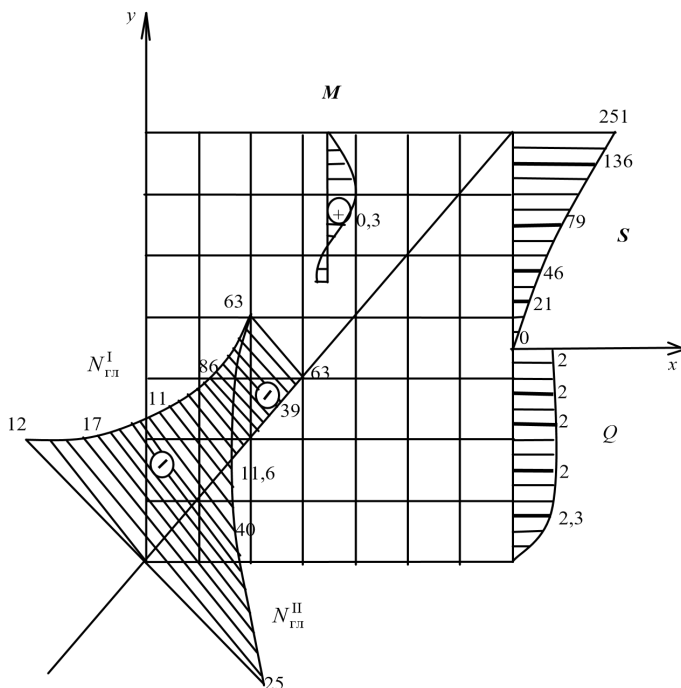


Рис. 5. Епюри зусиль в оболонці

Розрахунок приконтурної зони оболонки

Межу приконтурної зони приймаємо на відстані $0,1l = 0,1 \cdot 36 = 3,6$ м;

$25 \varnothing 6$ А400 з $A_s^{\text{табл}} = 7,08 \text{ см}^2$

крок стрижнів $s = 150$ мм.

На іншій ділянці ($l = 3,6$ м) приймаємо $11 \varnothing 6$ А400 з $A_s = 3,11 \text{ см}^2$;

$s = 200$ мм.

Набетонка з бетону В20 з $R_b = 11,5$ МПа.

Товщина визначається з умови

$$N_{\text{стиск}} \leq R_b A_b,$$

де A_b – площа стиснутої зони бетону ($b = 1$ м).

Тоді товщина набетонки

$$h = \frac{N}{R_b}.$$

1-а ділянка

$$N_{\text{стиск}} = 251 \text{ кН} / \text{м}; \quad h = \frac{264 \cdot 10}{11,5 \cdot 100} = 2,2 \text{ см}.$$

Набетонку товщиною 30 мм влаштовуємо на 2-х ділянках. На інших досить товщини помосту плити.

Розрахунок плити

Плита працює на власну вагу. Найбільші зусилля в ній виникають в стадії монтажу (рис. 6).

$$\text{Полку плити армуємо конструктивно сіткою С-1} \quad \frac{4B500 - 200}{2B500 - 200}.$$

Полка плити з 3-х сторін облямована (окаймлена) ребрами. При жорсткому сполученні полки з ребрами максимальний момент

$$M_{\text{max}} = 0,00812 \cdot P_{\text{np}} \cdot l^2 = 0,00812 \cdot P \cdot 1,35^2 = 0,0148 \cdot P,$$

де $l = 1,35$ м — відстань у світлі між контурним ребром і точкою перетину діагональних ребер.

Висота стиснутої зони

$$x = \frac{R_s A_s}{R_b b} = \frac{415 \cdot 0,88}{17 \cdot 100} = 0,22$$

Для арматури В500

$R_s = 415$ МПа, 7Ø4 В500 з $A_s = 0,88$ см²;

$h_0 = h - a = 3 - 1,5 = 1,5$ см.

Граничний момент дляшки плити шириною 1 м в перетині, паралельному контурному ребру:

$$M_{np} = R_s A_s (h_0 - 0,5x) = 415 \cdot 0,88 \cdot (1,5 - 0,5 \cdot 0,22) \cdot 10^{-3} = 0,59 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

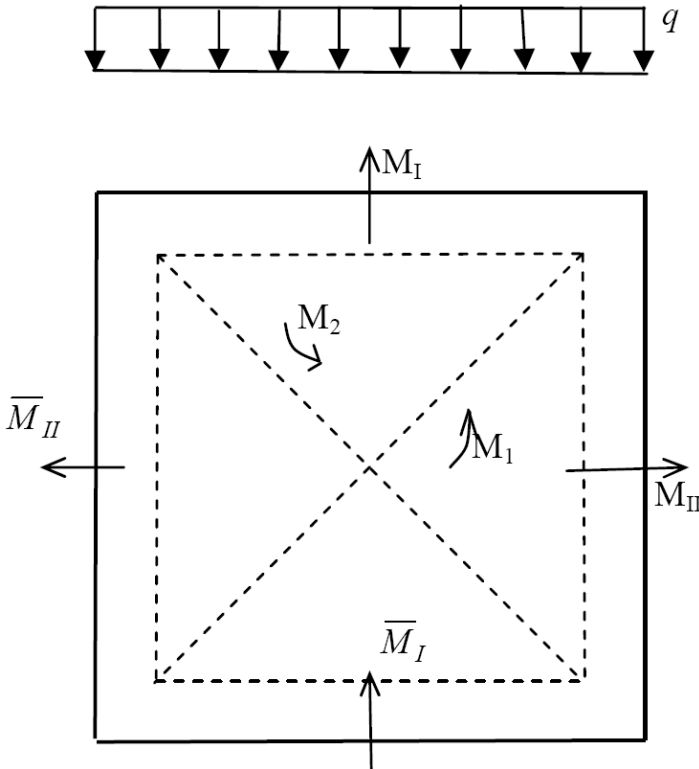


Рис. 6. Розрахункова схема плити

Граничне навантаження знаходимо з умови $M_{\max} = M_{\text{ст}}$

$$P_{np} = \frac{M_{\max}}{0,0148 \cdot 1} = \frac{0,59}{0,0148 \cdot 1} = 39,9 \text{ кН} / \text{м}^2 > q = 2 \text{ кН} / \text{м}^2$$

що більше розрахункового навантаження.

Крім власної ваги на плити може діяти монтажне навантаження

$$q = 0,75 \cdot 1,2 = 0,9 \text{ кН / м}^2.$$

При підйомі, складуванні, перевезенні і монтажі плити спираються на чотири кути. Розрахунковий проліт уздовж граней складає 2,7 м.

Приведена товщина плити $\delta_l = 4 \text{ см}$.

$$\text{Тоді } M = \frac{ql^2}{8} = \frac{3 \cdot (0,04 \cdot 25 \cdot 1,1 + 0,9) \cdot 2,7^2}{8} = 5,5 \text{ кН / м}$$

Вважаючи в запас, що всі зусилля будуть сприйматися діагональними ребрами, площа, арматури може бути визначена за формулою

$$A_s = \frac{M}{0,9 h_0 R_s} = \frac{5,4 \cdot 10^3}{0,9 \cdot 17 \cdot 355} = 1 \text{ см}^2$$

Приймаємо стрижні $\emptyset 12 \text{ A400}$ з $A_s = 1,313 \text{ см}^2$.

Розрахунок опорного контуру оболонки

Розрахунок опорного контуру проводиться на дію зсувних зусиль і поперечних сил. Оскільки Q мають невелике значення, то для їх сприйняття досить конструктивного поперечного армування. Тому розрахунок виконуємо тільки на зсувні зусилля.

Визначаємо зсувні зусилля в характерних точках контурного бруса (в місці обпирання на колони) (рис. 7):

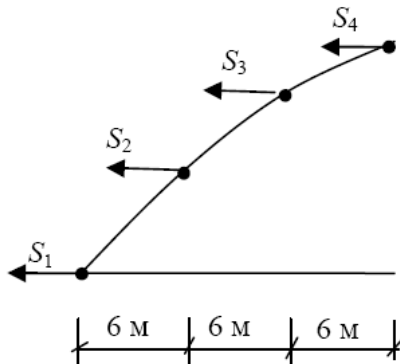


Рис. 7. Схема розташування розрахункових точок контурного бруса

$$S_1 = 263,8 \text{ кН/м};$$

$$S_2 = \frac{144 - 82}{3,6} \cdot 2,4 + 82 = 123 \text{ кН / м};$$

$$S_3 = \frac{48 - 23}{3,6} \cdot 1,2 + 23 = 31 \text{ кН / м};$$

$$S_4 = 0.$$

Розрахункові зусилля в елементах контурного бруса:

$$N_1 = \frac{264 + 143}{2} \cdot 6 = 1160 \text{ кН};$$

$$N_2 = \frac{123 + 31}{2} \cdot 6 = 463 \text{ кН};$$

$$N_3 = \frac{31 + 0}{2} \cdot 6 = 94 \text{ кН};$$

Схема розташування балок наведена на рис. 7.

Балки Б-1

Арматура А400

$$A_s^{nomp} = \frac{N}{R_s} = \frac{1160 \cdot 10}{355} = 32,7 \text{ см}^2$$

Приймаємо 6 Ø 28 А400 з $A_s = 36,95 \text{ см}^2$.

Балки Б-2

$$A_s^{nomp} = \frac{N}{R_s} = \frac{463 \cdot 10}{355} = 13,0 \text{ см}^2$$

Приймаємо 6 Ø 18 А400 з $A_s = 15,27 \text{ см}^2$.

Балки Б-3

$$A_s^{nomp} = \frac{N}{R_s} = \frac{94 \cdot 10}{355} = 2,6 \text{ см}^2$$

Приймаємо 6 Ø 12 А400 з $A_s = 6,78 \text{ см}^2$.

Армування елементів покриття приведено на рис. 9 – 12.

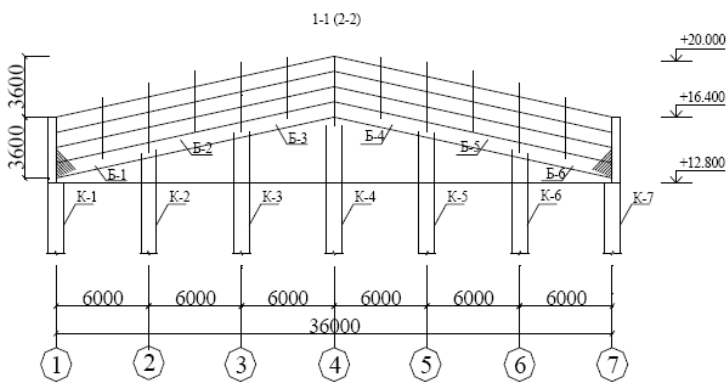
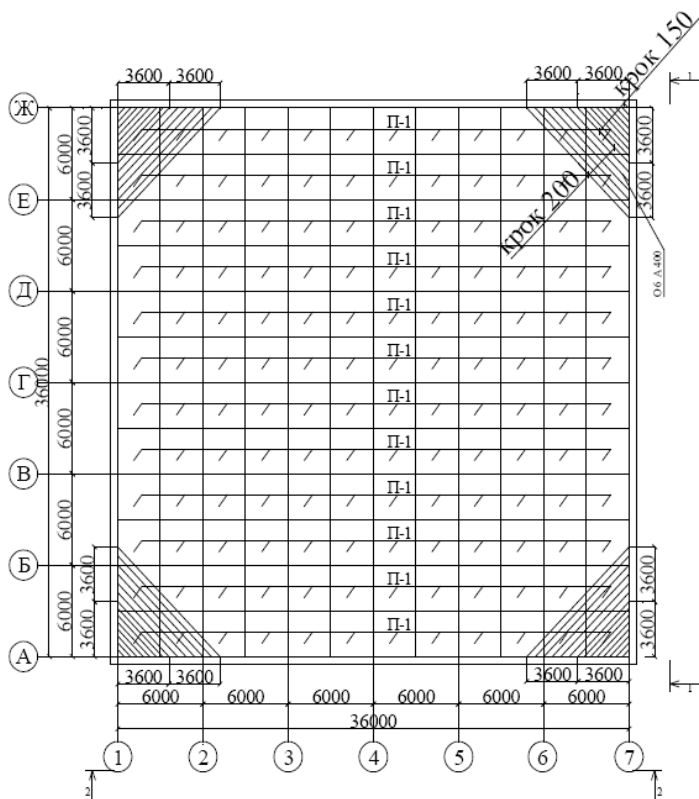


Рис. 8. Оболонка позитивної гаусової кривизни

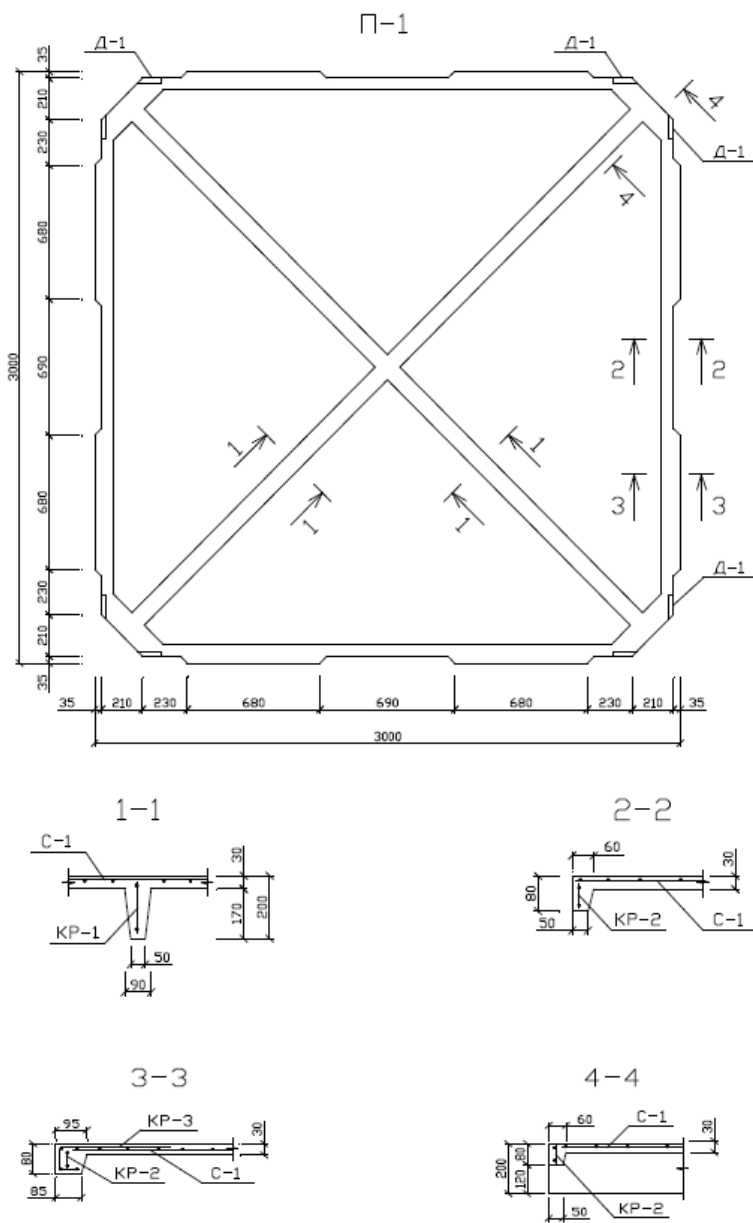


Рис. 9. Плита оболочки П-1

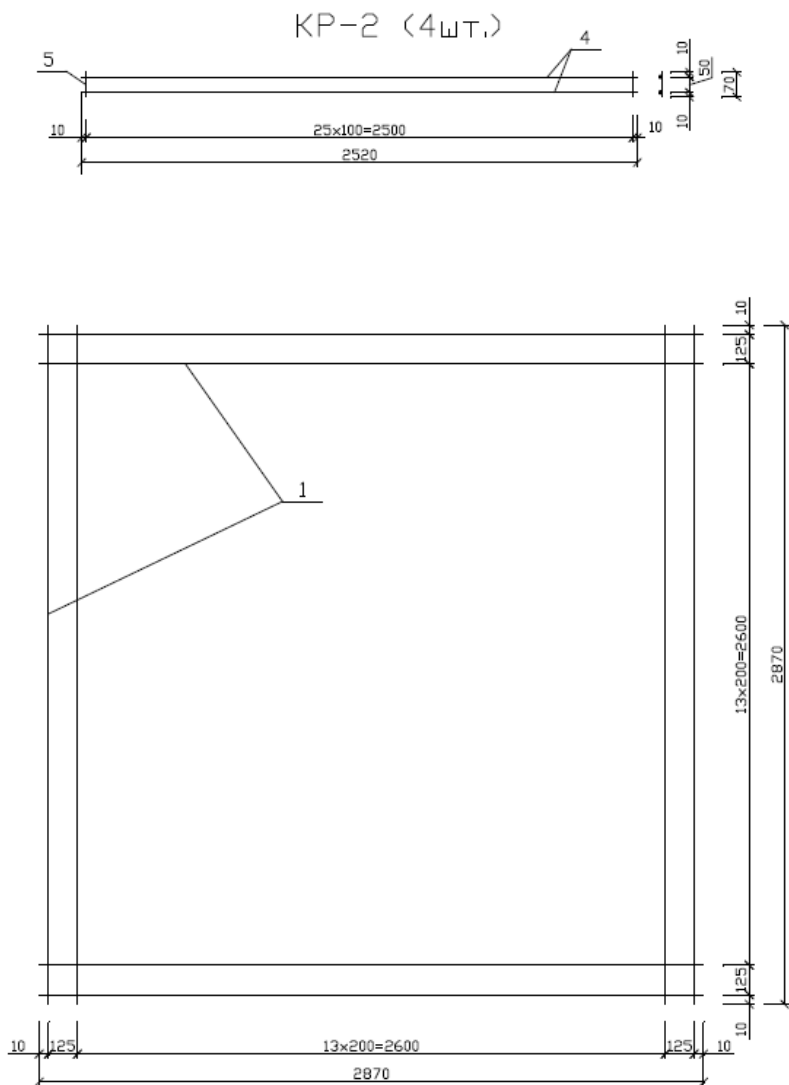


Рис. 10. Сітка 3-1, каркас Кр-2

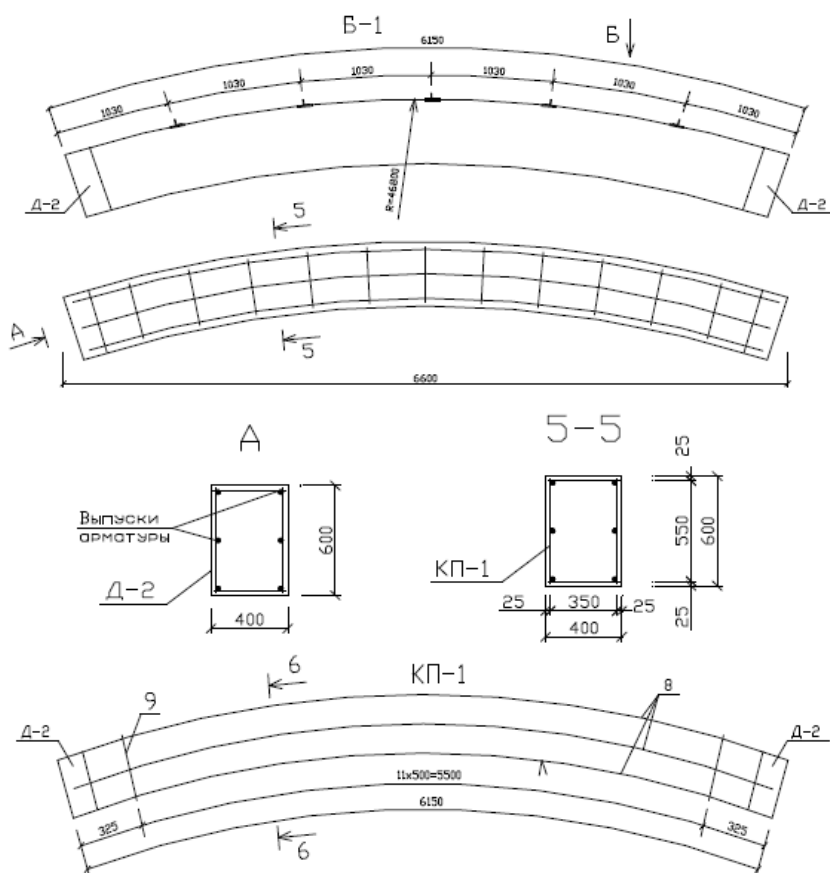


Рис. 11. Балка опорного контуру Б-1, схема армування, каркас КП-1

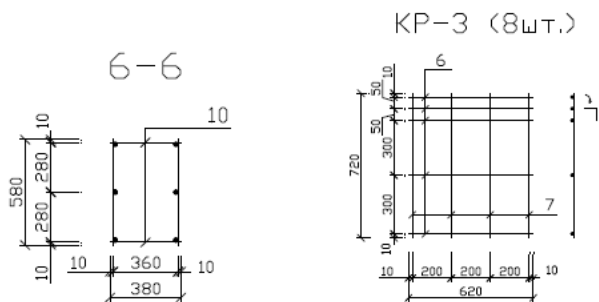


Рис. 12. Каркас Кр-3, перетин 6-6, специфікація арматури

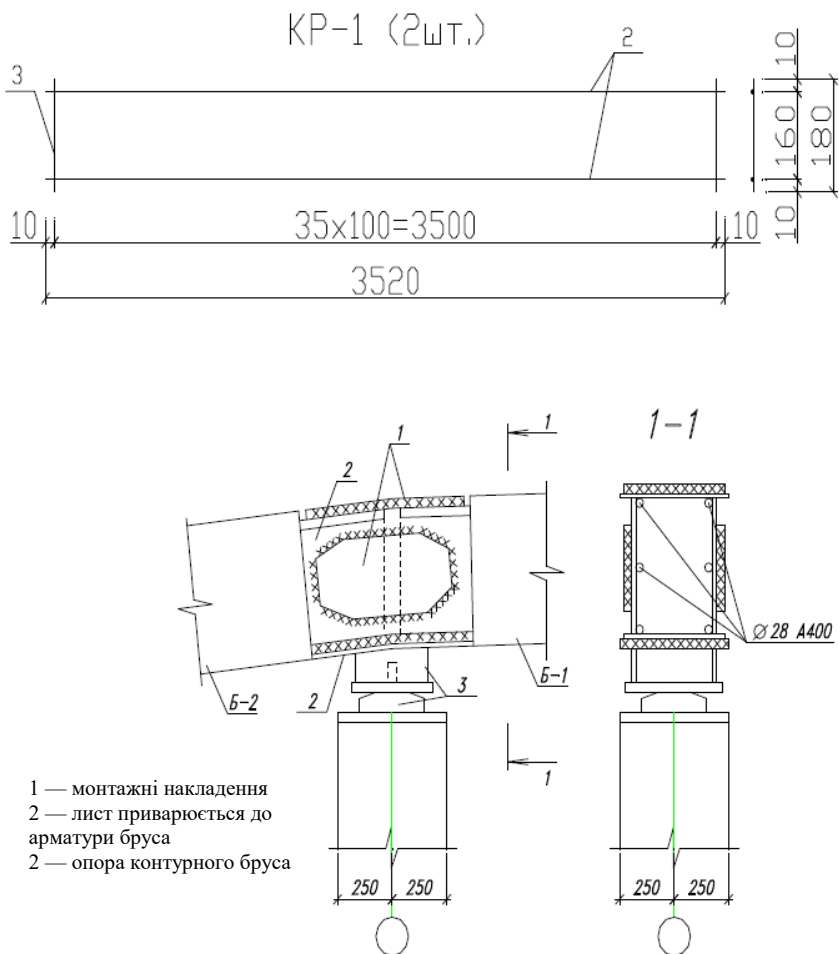


Рис. 13. Каркас Кр-1, вузол сполучення балок опорного контуру

Специфікація арматури

№ позиції	Найменування	Позначення	Кількість шт.	Примітки
	Плита оболонки	П-1	100	
Арматурні вироби				
	Сітка	С-1	1	
1		Ø4 В500 1 = 2870	28	
	Каркас	Кр-1	2	
2		Ø12 А400 1 = 3520	2	
3		Ø3 В500 1 = 180	36	
	Каркас	Кр-2	4	
4		Ø10 А400 1 = 2520	2	
5		Ø3 В500 1 = 70	26	
	Каркас	Кр-3	8	
6		Ø5 В500 1 = 620	5	
7		Ø5 В500 1 = 720	4	
	Матеріал	Бетон В30	0,36	м ³
	Балка	Б-1	8	
	Каркас	КП-1	1	
8		Ø28 А400 1 = 6150	6	
9		Ø8 А400 1 = 580	24	
10		Ø8 А400 1 = 380	24	
	Матеріал	Бетон В20	1,5	м ³

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Байков, В.Н. Железобетонные конструкции: Общий курс : учеб. для вузов / В.Н. Байков, Э.Е. Сигалов. – 5-е изд. – М. : Стройиздат, 1971. – 767 с.
2. Байков, В.Н. Проектирование железобетонных тонкостенных пространственных конструкций : учеб. пособие для вузов / В.Н. Байков, Э. Хампе, Э. Рауэ. – М. : Стройиздат, 1990. – 232 с.
3. Виноградов, Г.Г. Расчёт строительных пространственных конструкций / Г.Г. Виноградов. – Л. : Стройиздат, Ленингр. отд-ние, 1990. – 264 с.
4. Дыховичный, Ю.А. Пространственные составные конструкции : учеб. пособие / Ю.А. Дыховичный, Э.З. Жуковский. – М. : Высш. шк., 1989. – 288 с.
5. Железобетонные пространственные конструкции покрытий и перекрытий. СП 52-117–2008. Часть 1. Методы расчёта и конструирования. ФГУП НИЦ «Строительство», 2008.
6. Жилые и общественные здания : краткий справочник инженера-конструктора / Ю.А. Дыховичный, В.А. Максименко, А.Н. Кондратьев и др. ; под ред. Ю.А. Дыховичного. – 3-е изд. – М. : Стройиздат, 1991. – 656 с.
7. Инструкция по проектированию железобетонных тонкостенных пространственных покрытий и перекрытий. Примеры расчёта и конструирования пологих оболочек, оболочек вращения и свода. – М. : Изд-во литературы по строительству, 1964. – 71 с.
8. Лысенко, Е.Ф. Армоцементные конструкции / Е.Ф. Лысенко. – Киев, Высш. шк., 1981.
9. Михайлов, В.В. Предварительно напряжённые комбинированные стержневые вантовые конструкции / В.В. Михайлов. – М. : Изд-во АСВ, 2002. – 256 с.
10. Руководство по проектированию железобетонных пространственных конструкций покрытий и перекрытий. НИИЖБ. – М., 1979.
11. Пособие по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжёлых и лёгких бетонов без предварительного напряжения арматуры (к СНиП 2.03.01–84). – М. : Стройиздат, 1989. – 191 с.
12. Пособие по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжёлого бетона без предварительного напряжения арматуры (к СП 52-101–2003) ЦНИИПромзданий, НИИЖБ. – М. : ОАО ЦНИИПромзданий, 2003. – 144 с.
13. Пособие по проектированию предварительно напряжённых железобетонных конструкций из тяжёлого бетона (к СП 52-102–2003) ЦНИИПромзданий, НИИЖБ. – М. : ОАО ЦНИИПромзданий, 2005. – 158 с.

14. Пособие по проектированию армоцементных конструкций: (к СНиП 2.03.03–85) (НИИ ЖБ). – М. : Стройиздат, 1989. – 208 с.
15. Примеры расчёта железобетонных конструкций / А.М. Овечкин, Я.Ф. Хлебной и др. – Изд-во «Высшая школа», 1968. – 447 с.
16. Расчёт пространственных конструкции : сборник статей / под ред. С.А. Алексеева, В.В. Новожилова. – М. : Стройиздат., 1977. – Вып. 1111. – 191 с.
17. Руководство к практическим занятиям по курсу строительной механики : учеб. пособие для вузов / под ред. Г.К. Клейна. 3-е изд-е, перераб. и доп. – М. : Высш. школа, 1973. – 360 с.
18. Сахновский, К.В. Сборные тонкостенные пространственные и большепролётные конструкции : учеб. пособие для вузов / К.В. Сахновский, Б.В. Горенштейн, В.Д. Линецкий. – Л. : Стройиздат, 1969. – 429 с.
19. Скоров, Б.М. Гражданские и промышленные здания / Б.М. Скоров. – М. : Высш. шк., – 1978.
20. ДБН В.1.2-2:2006. Навантаження і впливи. – Норми проектування/ Мінбуд України. – К. , 2006. – 75 с.
21. Современные пространственные конструкции (железобетон, металл, дерево, пластмассы) : справочник / Ю.А. Дыховичный, Э.З. Жуковский, В.В. Ермолов и др.: под ред. Ю.А. Дыховичного, Э.З. Жуковского. – М. : Высш. шк., 1991. – 543 с.
22. Примеры расчёта железобетонных конструкций : учеб. пособие для вузов / Н.М. Сперанский, С.Г. Сташевская, С.В. Бондаренко. – М. : Высш. шк., 1989. – 176 с.
23. СП 52-102-2004. Предварительно напряжённые железобетонные конструкции. – М. : ФГУП ЦПП, 2005. – 38 с.
24. СП 52-101-2003. Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры. – М. : ФГУП ЦПП, 2004. – 54 с.
25. Тур, В.И. Купольные конструкции: формообразование, расчёт, конструирование, повышение эффективности : учеб. пособие / В.И. Тур. – М. : Изд-во АСВ, 2004. – 96 с.
26. Файбишенко, В.К. Железобетонные конструкции : учеб. пособие / В.К. Файбишенко. – М. : Изд-во МАрХИ, 1980. – 109 с.
27. Тонкостенные железобетонные пространственные конструкции : сборник статей / под ред. Г.К. Хайдукова. – М. : Стройиздат., 1970. – 230 с.

ДОДАТКИ

Додаток 1

x/l	Коефіцієнти 100 k_{N1} для визначення нормальних сил N_I при значеннях λ ($\lambda=1,17 f/d$)						
	4	5	7	9	11	14	18
0	0	0	0	0	0	0	0
0,05	0,1865	0,114	0,0587	0,0358	0,0238	0,0146	0,088
0,1	0,3655	0,2245	0,1153	0,0698	0,0468	0,0287	0,0176
0,15	0,5321	0,327	0,1684	0,1016	0,0685	0,0419	0,0256
0,2	0,6811	0,4199	0,2161	0,1308	0,0879	0,0539	0,0327
0,3	0,9149	0,5666	0,2921	0,1768	0,1188	0,0733	0,0442
0,4	1,0559	0,6563	0,3385	0,205	0,1379	0,0848	0,0512
0,5	1,1023	0,6864	0,354	0,2144	0,1441	0,0884	0,0535

Додаток 2

x/l	Коефіцієнти 100 k_{N2} для визначення нормальних сил N_2 при значеннях λ ($\lambda=1,17 f/d$)						
	4	5	7	9	11	14	18
0	0	0	0	0	0	0	0
0,02	0,3094	0,2577	0,1905	0,1494	0,122	0,0941	0,0698
0,05	0,7324	0,5963	0,4177	0,3059	0,2339	0,1618	0,1043
0,07	0,9715	0,7733	0,5158	0,3607	0,2608	0,168	0,1008
0,1	1,2517	0,9587	0,5839	0,3801	0,259	0,156	0,091
0,15	1,5174	1,0899	0,587	0,3474	0,2258	0,1352	0,0818
0,2	1,5819	1,0559	0,5229	0,3032	0,1985	0,1229	0,0743
0,3	1,4122	0,9057	0,4164	0,2506	0,1684	0,1039	0,0628
0,4	1,2	0,7271	0,3695	0,2236	0,1498	0,0924	0,0551
0,5	1,1023	0,6864	0,354	0,2144	0,1441	0,0884	0,0535

Додаток 3

x/l	Коефіцієнти 100 k_M для визначення нормальних сил M_I при значеннях λ ($\lambda=1,17 f/d$)
-------	--

	4	5	7	9	11	14	18
0	0	0	0	0	0	0	0
0,01	0,0514	0,0402	0,0275	0,0204	0,0159	0,0116	0,0082
0,02	0,0936	0,0715	0,0464	0,0326	0,0241	0,0162	0,0100
0,03	0,1276	0,0979	0,0584	0,0388	0,0269	0,0163	0,0088
0,04	0,1543	0,1118	0,0646	0,0403	0,0261	0,0141	0,0063
0,05	0,1743	0,1225	0,0667	0,0388	0,0232	0,0109	0,0038
0,07	0,1978	0,1307	0,0617	0,0305	0,0150	0,0049	0,0006
0,08	—	—	—	—	—	0,0026	0,0001
0,09	—	—	—	—	—	0,0010	0,0004
0,1	0,2016	0,1196	0,0438	0,0155	0,0047	0,0001	0,0004
0,12	0,1932	0,1038	0,0306	0,0076	0,0009	0,0007	0,0003
0,15	0,1611	0,0763	0,0146	0,0009	0,0012	0,0006	0,0000
0,18	0,1271	0,0466	0,0041	0,0016	0,0008	0,0000	0,0000
0,2	0,1028	0,0351	0,0003	0,0009	0,0008	0,0000	0,0000
0,25	0,0520	0,0090	0,0003	0,0011	0,0001	0,0000	0,0000
0,3	0,0163	0,0000	0,0002	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000
0,35	0,0031	0,0000	0,0002	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
0,4	0,0998	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
0,5	0,0178	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Додаток 4

x/l	Коефіцієнти $100 k_S$ для визначення нормальних сил S при значеннях λ ($\lambda=1,17 f/d$)						
	4	5	7	9	11	14	18
0	2,7015	1,917	1,0608	0,7112	0,5008	0,3439	0,225
0,05	2,6043	1,8166	0,9706	0,6272	0,4239	0,2749	0,1671
0,1	2,3519	1,6014	0,7859	0,4827	0,3103	0,1927	0,1154
0,15	2,0156	1,3295	0,6033	0,3576	0,2334	0,1441	0,0862
0,2	1,6509	1,0608	0,4594	0,271	0,1843	0,1114	0,0676
0,3	0,9843	0,6082	0,2597	0,1574	0,1171	0,065	0,0393
0,4	0,465	0,2732	0,1204	0,0734	0,0588	0,0301	0,0181
0,5	0	0	0	0	0	0	0

Додаток 5

x/l	y/l	Коефіцієнти 100 $k_{zл}$ для визначення нормальних сил $N_{zл}$ при значеннях λ ($\lambda=1,17 f/d$)						
		4	5	7	9	11	14	18

А. Зусилля в напрямку діагоналі

0,0	0,5	2,7015	1,9170	1,0608	0,7112	0,5008	0,3439	0,2250
0,1	0,4	2,4215	1,7104	0,9677	0,6069	0,4097	0,2492	0,1471
0,2	0,3	2,0819	1,3664	0,6799	0,3978	0,2623	0,1618	0,0981
0,3	0,2	1,6037	0,9880	0,4799	0,2886	0,1941	0,1197	0,0756
0,5	0,0	1,1023	0,6864	0,3540	0,2144	0,1441	0,0884	0,0535

Б. Зусилля перпендикулярно діагоналі

0,0	0,5	2,7015	1,9170	1,0608	0,7112	0,5008	0,3439	0,2250
0,1	0,4	1,3087	0,7643	0,3008	0,1428	0,0873	0,0547	0,0362
0,2	0,3	0,1373	0,1704	0,0912	0,0424	0,0238	0,0173	0,0090
0,3	0,2	0,8172	0,4997	0,2296	0,1374	0,0926	0,0571	0,0314
0,5	0,0	1,1023	0,6864	0,3540	0,2143	0,1440	0,0884	0,0534

Додаток 6

x/l	Коефіцієнти k_Q для визначення поперечних сил Q при значеннях λ ($\lambda=1,17 f/d$)				
	4	5	7	9	11
0	0	0	0	0	0
0,02	0,0328	0,0296	0,0256	0,0224	0,0204
0,04	0,0456	0,04	0,032	0,0268	0,0224
0,05	0,0512	0,044	0,0344	0,028	0,0232
0,07	0,0576	0,048	0,036	0,0284	0,0228
0,1	0,0628	0,0504	0,036	0,0272	0,0216
0,15	0,0636	0,0504	0,0336	0,0252	0,0208
0,2	0,0616	0,0484	0,032	0,0248	0,0204
0,25	0,0596	0,0464	0,0316	0,0248	0,0204
0,3	0,0584	0,0448	0,032	0,0252	0,0208
0,4	0,0564	0,0448	0,0316	0,0248	0,0204
0,5	0,056	0,0456	0,0316	0,0248	0,0208

Додаток 7
СОРТАМЕНТ АРМАТУРИ

Номінальний діаметр стрижня, мм	Розрахункова площа поперечного стрижня, мм ² , при числі стрижнів									Теоретична маса 1 м довжини арматури, кг	Діаметр арматури класів			Максималь ний розмір перетину стрижня періодично го профілю
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		A240 A400 A500	A300	B500	
3	7,1	14,1	21,2	283	35,3	42,4	49,5	56,5	63,6	0,052	–	–	+	–
4	12,6	25,1	37,7	50,2	62,8	75,4	87,9	100,5	113	0,092	–	–	+	–
5	19,6	393	58,9	78,5	98,2	117,8	137,5	157,1	176,7	0,144	–	–	+	–
6	28,3	57	85	113	141	170	198	226	254	0,222	+	–	+	6,75
8	50,3	101	151	201	251	302	352	402	453	0,395	+	–	+	9
10	78,5	157	236	314	393	471	550	628	707	0,617	+	+	+	113
12	113,1	226	339	452	565	679	792	905	1018	0,888	+	+	+	13,5
14	153,9	308	462	616	769	923	1077	1231	1385	1,208	+	+	–	15,5
16	201,1	402	603	804	1005	1206	1407	1608	1810	1,578	+	+	–	18
18	254,5	509	763	1018	1272	1527	1781	2036	2290	1,998	+	+	–	20
20	314,2	628	942	1256	1571	1885	2199	2513	2828	2,466	+	+	–	22
22	380,1	760	1140	1520	1900	2281	2661	3041	3421	2,984	+	+	–	24
25	490,9	982	1473	1963	2454	2945	3436	3927	4418	3,84	+	+	–	27
28	615,8	1232	1847	2463	3079	3685	4310	4926	5542	4,83	+	+	–	30,5
32	804,3	1609	2413	3217	4021	4826	5630	6434	7238	631	+	+	–	34,5
36	1017,9	2036	3054	4072	5089	6107	7125	8143	9161	7,99	+	+	–	39,5
40	1256,6	2513	3770	5027	6283	7540	8796	10053	11310	9,865	+	+	–	43,5
45	1590,4	3181	4771	6362	7952	9542	11133	12723	14313	12,49	–	+	–	49
50	1963,5	3927	5891	7854	9818	11781	13745	15708	17672	15,41	–	+	–	54
55	2376	4752	7128	9504	11880	14256	16632	19008	21384	18,65	–	+	–	59
60	2827	5654	8481	11308	14135	16962	19789	22616	25443	22,19	–	+	–	64
70	3848	7696	11544	15392	19240	23088	26936	30784	34632	30,46	–	+	–	74

Додаток 8

СНІГОВІ НАВАНТАЖЕННЯ

Міста	S_0 (кН/м ²)
Біла Церква	1,52
Бердянськ	1,12
Вінниця	1,36
Дніпропетровськ	1,34
Донецьк	1,5
Житомир	1,46
Запоріжжя	1,11
Знам'янка	1,32
Калуш	1,44
Керч	0,92
Київ	1,55
Кіровоград	1,23
Коростень	1,45
Луганськ	1,35
Луцьк	1,24
Львів	1,31
Маріуполь	1,38
Одеса	0,88
Полтава	1,45
Трускавець	1,49
Ужгород	1,34
Харків	1,6
Хмільник	1,39
Черкаси	1,52
Шахтарськ	1,5
Яремча	1,53

Методичні вказівки до виконання розрахункової роботи «Оболонки позитивної гаусової кривизни на прямокутному плані» з дисципліни «Будівельні конструкції (спецкурс)» для студентів спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія», освітньо-професійної програми «Промислове і цивільне будівництво»

Укладач: Сахно Сергій Іванович.

Реєстрац. №

Підписано до друку «___» _____ 2019 р.

Формат А5

Обсяг 36 стор.

Тираж 20 прим

Видавничий центр ДВНЗ «КНУ»,
вул. Віталія Матусевича , 11,
м. Кривий Ріг