

1.3 Оболонки додатної і від'ємної Гаусової кривизни

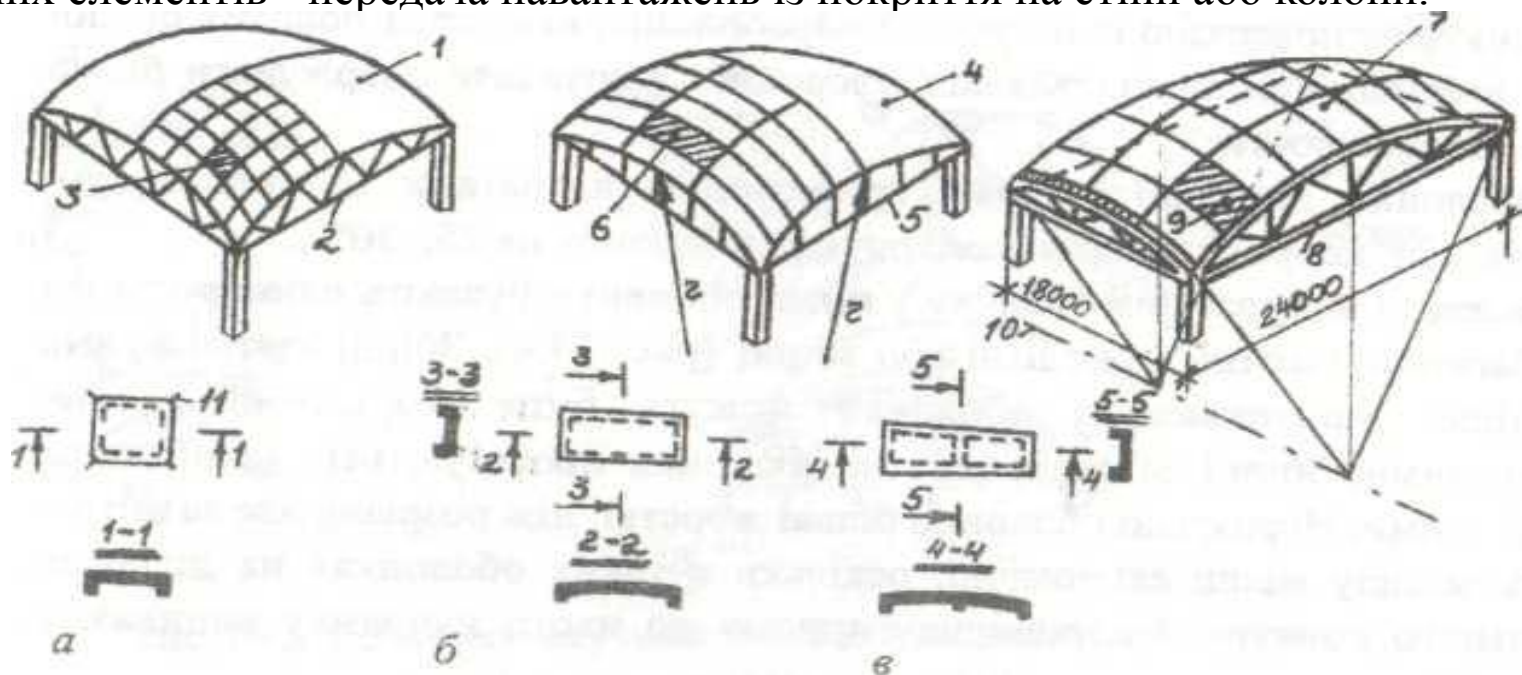
1.3.1 Розрахунок та конструювання оболонок додатної Гаусової кривизни

1.3.2 Розрахунок та конструювання оболонок від'ємної Гаусової кривизни

1.3.1 Розрахунок та конструювання оболонок додатної Гаусової кривизни

Тонкостінні просторові покриття у вигляді пологих оболонок додатної Гаусової кривизни, прямокутні у плані, найбільш поширені в практиці будівництва.

Пояснюється це тим, що даний тип оболонок, з точки зору статичної роботи, найбільш ефективний і може бути застосованим для перекриття як промислових, так і цивільних будівель. Покриття складається з тонкостінної оболонки та контурних елементів - діафрагм. Оболонка може мати окреслення поверхні переносу (еліптичний параболоїд) або обертання. Діафрагми виготовляють у вигляді ферм, арок, балок або брусів. Призначення контурних елементів - передача навантажень із покриття на стіни або колони.



Конструктивні схеми пологих збірних оболонок додатної гаусової кривизни:

а - оболонки переносу (з плоских елементів 3x3 м); б - сферична оболонка (з циліндричних елементів 3x12 м); в - оболонка обертання(з циліндричних елементів);

1 - поверхня переносу; 2 - контурний елемент-діафрагма; 3 - збірний елемент оболонки переносу; 4 - поверхня у вигляді сфери; 5 - діафрагма-арка; б-збірний елемент сферичної оболонки; 7 - поверхня обертання з горизонтальною віссю обертання; 8 - діафрагма-ферма; 9 - збірний елемент оболонки обертання; 10- вісь обертання; 11 - випуск арматури для з'єднання збірних елементів

Відстань між колонами, на які спирається діафрагма, може становити 18...36 м в обох напрямках, а перекрита площа досягати розмірів 102 x 102, 103 x 103 м (критий ринок у м. Челябінськ та м. Мінськ). Товщина монолітних оболонок перемінна: від 60 мм у центрі до 120 мм по периметру кола і до 220 мм у кутах. Збірні плити застосовують товщиною полиць 30... 50 мм, а висота їх контурних ребер - 200 мм. Висота діафрагми у центрі складає 1/5 прольоту.

У практиці конструювання переважного застосування набули сферичні оболонки, оскільки саме вони мають постійну кривизну і забезпечують уніфікацію збірних елементів. Для прямокутних у плані оболонок із збірних елементів рекомендується застосовувати частину тороїдальної поверхні з додатною кривизною, оскільки така поверхня також дає змогу скоротити кількість типорозмірів збірних плит. У розрахунках використовують поверхню еліптичного параболоїда, яка серед пологих оболонок найменше відрізняється від сферичної і дозволяє одержувати більш прості залежності.

Оболонки додатної Гаусової кривизни за витратами матеріалів економічніші, наприклад, від циліндричних оболонок на 25...30%,

Залежно від розмірів будинку у плані оболонки бувають однопрольотні та багатопрольотні, монолітні або збірні. Збірні застосовують частіше. Багатохвилясті оболонки можуть бути розрізними та нерозрізними. Збірні багатопрольотні оболонки проектується, як правило, розрізними. Нерозрізні оболонки більш жорсткі, ніж розрізні, але за витратами металу менш економічні, оскільки в таких оболонках на ділянках спільного контуру в перпендикулярному до нього напрямку виникають зусилля розтягу.

Розрахунок несучої здатності. Оболонки додатної Гаусової кривизни працюють в обох напрямках із концентрацією значних зусиль у кутах. Експериментальні та теоретичні дослідження показують, що дія вертикального рівномірно розподіленого навантаження викликає в середній зоні оболонки стиск, і тільки у вузькій приопорній її частині – згин. Таким чином, у середній частині оболонки маємо безмоментний стан, а в приопорній - діють згинальні моменти.

Грунтуючись на цих даних, в інженерній практиці у розрахунках міцності таких оболонок нормальні зусилля та зусилля зсуву визначають за безмоментною теорією, а згинальні приопорні моменти - спеціальними методами. Найпростіше зусилля N_x , N_y , та N_{xy} визначають із рівнянь системи (тема 1.1) шляхом уведення функції напружень $\varphi(x,y)$.

$$k_y \partial^2 \varphi / \partial x^2 + k_x \partial^2 \varphi / \partial y^2 - 2k_{xy} \partial^2 \varphi / \partial x \partial y = -q$$

$$N_x = \partial^2 \varphi / \partial y^2, \quad N_y = \partial^2 \varphi / \partial x^2, \quad N_{xy} = -\partial^2 \varphi / \partial x \partial y$$

$$k_x = \partial^2 z / \partial x^2, \quad k_y = \partial^2 z / \partial y^2, \quad k_{xy} = \partial^2 z / \partial x \partial y$$

$$-Dd^4 w / dx^4 + k_x N_x + k_y N_y + 2k_{xy} N_{xy} = -q$$

$$D = EI / (1 - \nu^2) \approx Eh^3 / 12$$

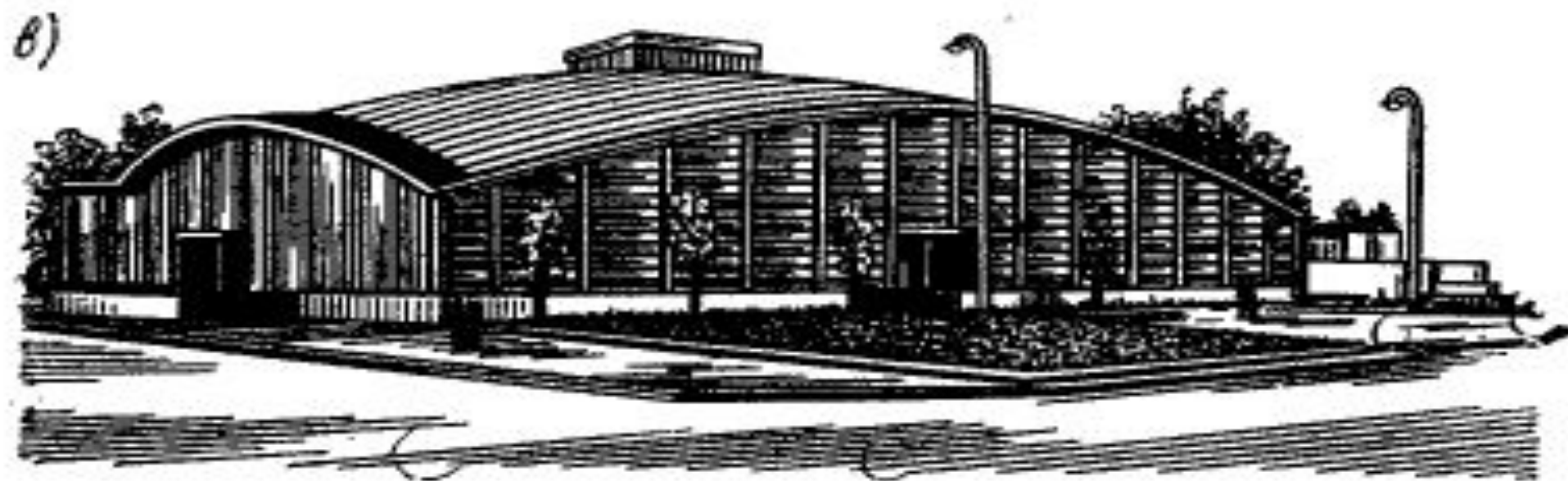
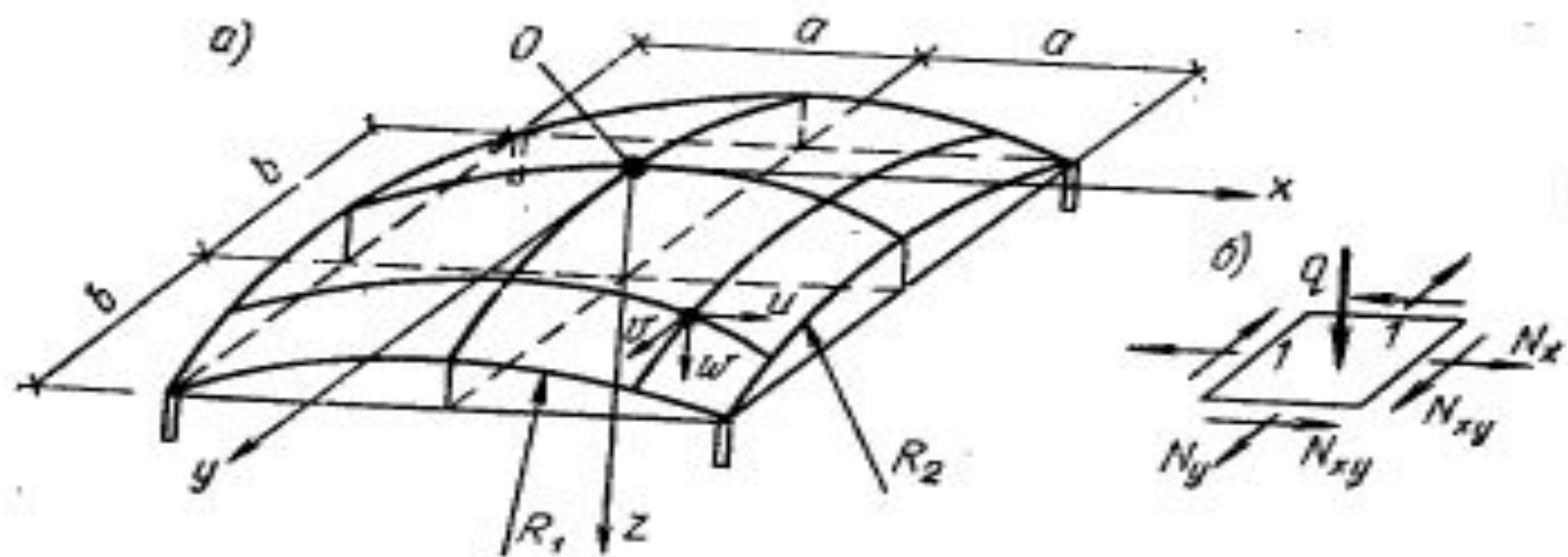
$$\begin{aligned} \varphi(xy) = & a_1 (x^4 - 6x^2a^2 + 5a^4) (y^4 - 6y^2b^2 + 5b^4) + \\ & + a_2 [x^8 - (22/9)x^6 + (13/9)x^4a^4] (y^4 - 6y^2b^2 + 5b^4) + \\ & + a_3 (x^4 - 6x^2a^2 + 5a^4) [y^8 - (22/9)y^6b^2 + (13/9)y^4b^4] + \\ & + a_4 [x^8 - (22/9)x^6a^2 + (13/9)x^4a^4] [y^8 - (22/9)y^6b^2 + (13/9)y^4b^4] \end{aligned}$$

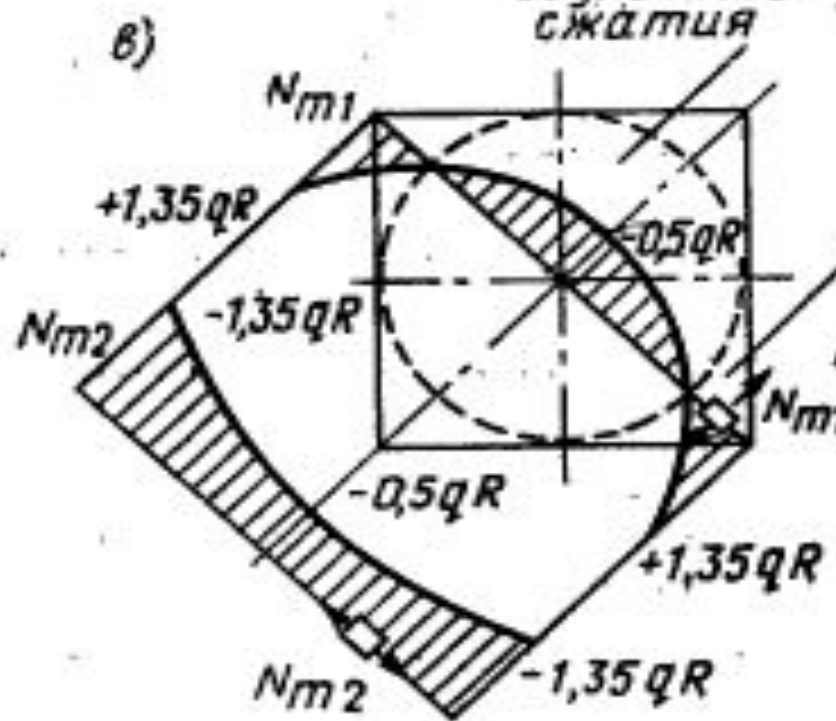
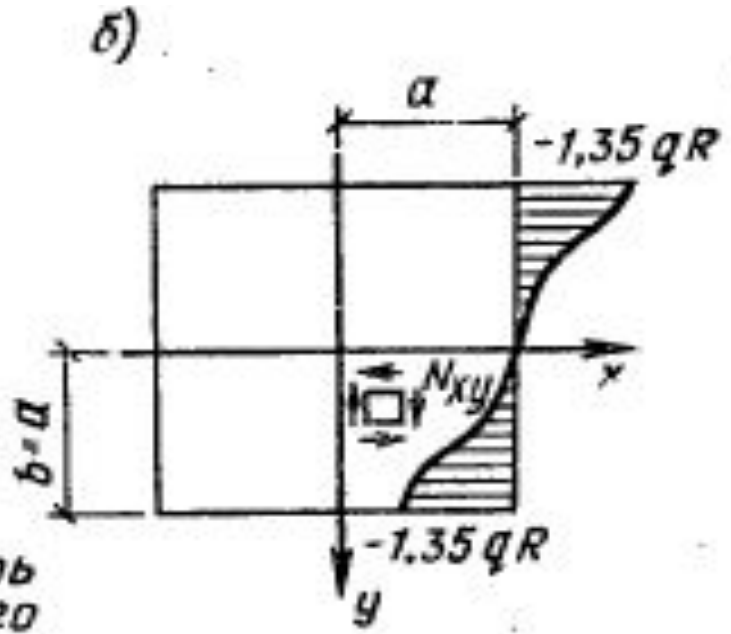
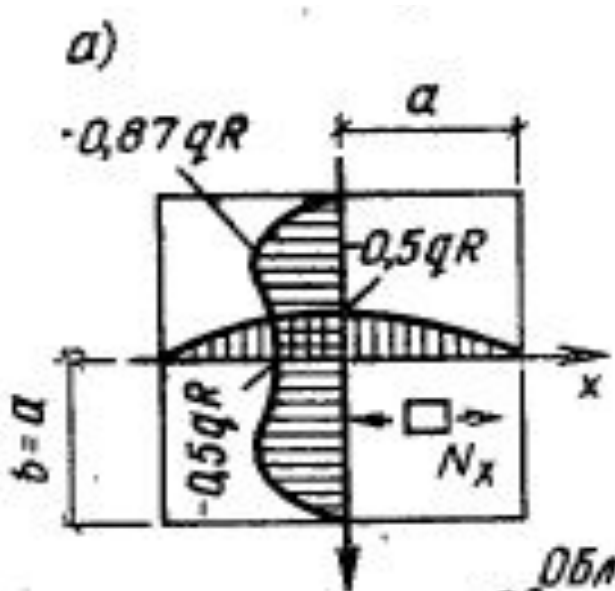
$$a_1 = 0,00833qR/a^6; \quad a_2 = a_3 = 0,0365qR/a^{10};$$

$$a_4 = 0,353qR/a^{14};$$

$$\left. \begin{array}{l} N_{m1} \\ N_{m2} \end{array} \right\} = \frac{N_x + N_y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{N_x - N_y}{2}\right)^2 + N_{xy}^2};$$

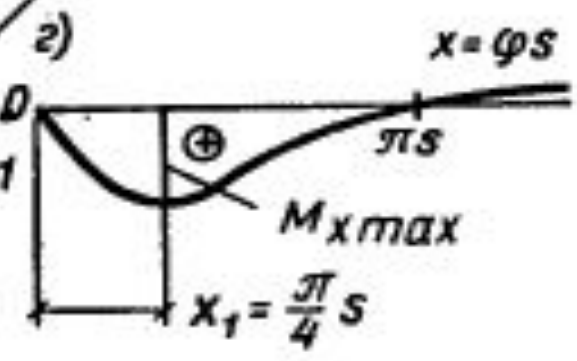
$$\left. \begin{array}{l} \operatorname{tg} 2\alpha_1 \\ \operatorname{tg} 2\alpha_2 \end{array} \right\} = \mp \frac{2N_{xy}}{N_x - N_y}.$$





Область
двухосного
сжатия

Область сжатия в одном,
растяжения в другом
направлении



Згинальні моменти M_x та M_y у припорних зонах тонкостінних оболонок визначають згідно з теорією довгих оболонок

$$M_x = 0,5s_x^2 (g + s) e^{-\varphi} \sin \varphi = 0,289 (g + s) r_y h e^{-\varphi} \sin \varphi. \quad (13.22)$$

Розміщення перерізу і значення найбільшого згинального моменту

$$x_1 = \frac{\pi s_x}{4} = 0,597 \sqrt{r_y h}; \quad M_{x,\max} = 0,0937 r_y h (g + s), \quad (13.23)$$

де

$$s_x = 0,76 \sqrt{r_y h}.$$

Момент M_y обчислюють аналогічно.

Зсувні зусилля з оболонки передаються діафрагмам, які розраховують на дію N_{xu} за статичною схемою.

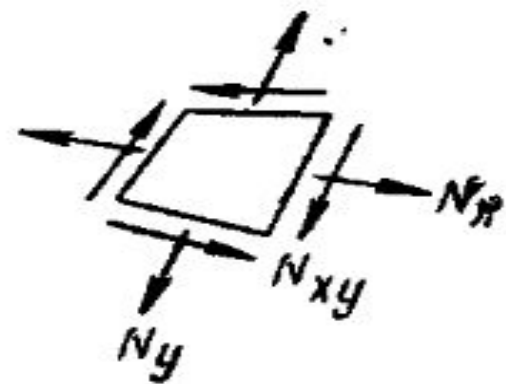
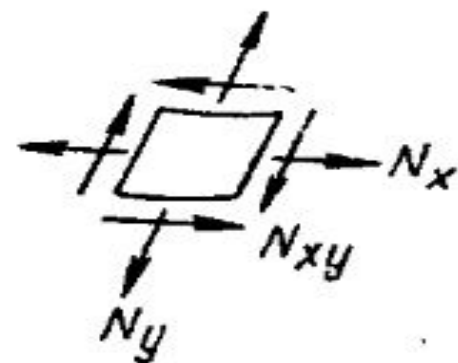
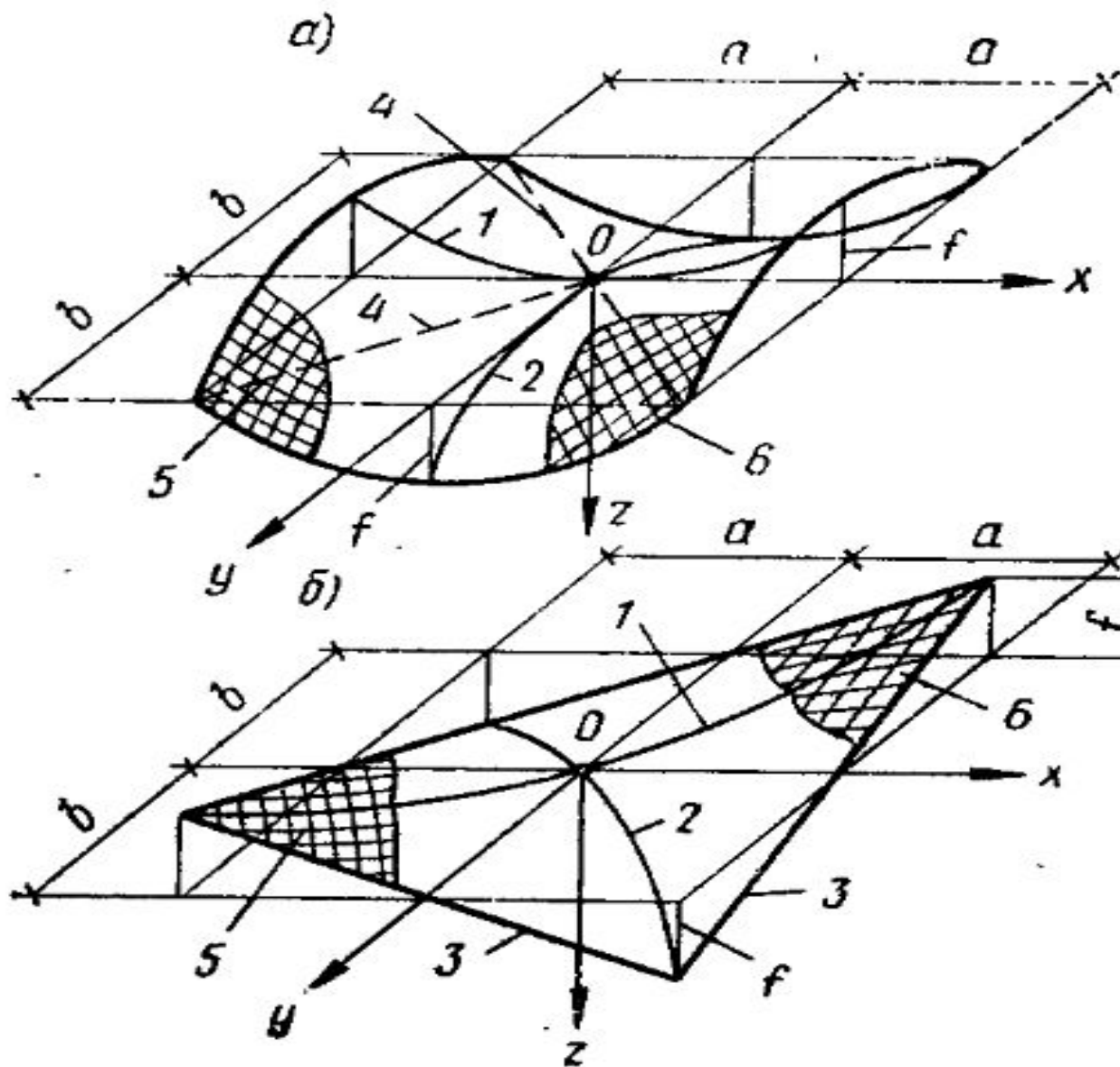
Армування. У середній стиснутій зоні (рис. 13.10, *e*, *1*), а також у місцях, де головні розтягувальні напруження σ_{mt} не перевищують розрахункового опору бетону осьовому розтяганню R_{bt} , армування приймають конструктивне, площа поперечного перерізу арматури становить не менш як $0,002A_{bt}$, застосовують зварні сітки з дроту діаметром 3...5 мм класу Вр-І з квадратним або прямокутним вічком із кроком 200...250 мм. У місцях, де $\sigma_{mt} > R_{bt}$, розтягувальні зусилля

мають повністю сприйматися стержнями, які розташовано паралельно сторонам контуру і спрямовано під кутом до них (рис. 13.10, *е*, 3 та 2). У плитах завтовшки менш як 7 см сітку розміщують по середині їхньої товщини, а в плитах більшої товщини передбачають дві сітки. Коли проліт оболонки перевищує 40 м, цю арматуру попередньо напружують. Поблизу кутів її заміняють ненапруженою арматурою.

Приконтурні зони залежно від місцевих згинальних моментів армують сітками з поперечною робочою арматурою (рис. 13.10, *е*, 3).

Діафрагми оболонок армують залежно від виду конструкції; розтягнуту зону балок, стягнів арок та нижнього пояса ферм — попередньо напруженою арматурою. Решту елементів армують зварними каркасами з арматури класу А-III.

1.3.2. Розрахунок та конструювання оболонок від'ємної Гаусової кривизни



$$z = (f/ab) xy$$

$$k_x = \partial^2 z / \partial x^2 = 0; \quad k_y = \partial^2 z / \partial y^2 = 0; \quad k_{xy} = \partial^2 z / \partial x \partial y = f/ab$$

$$(2f/ab) \partial^2 \varphi / \partial x \partial y = +q.$$

$$\varphi = (qab/2f) xy.$$

$$N_x = \partial^2 \varphi / \partial y^2 = 0; \quad N_y = \partial^2 \varphi / \partial x^2 = 0;$$

$$N_{xy} = -\partial^2 \varphi / \partial x \partial y = -qab/2f.$$

$$\left. \begin{aligned} N_{m1} &= -N_{m2} = qab/2f; \\ \alpha_{m1} &= -\alpha_{m2} = -45^\circ. \end{aligned} \right\}$$

