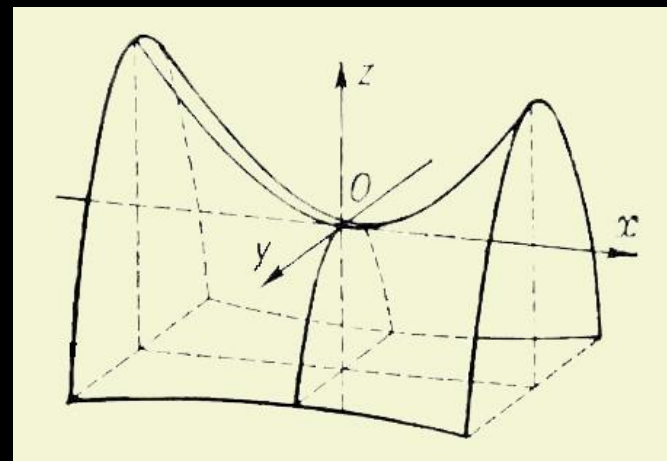


ГИПАРЫ



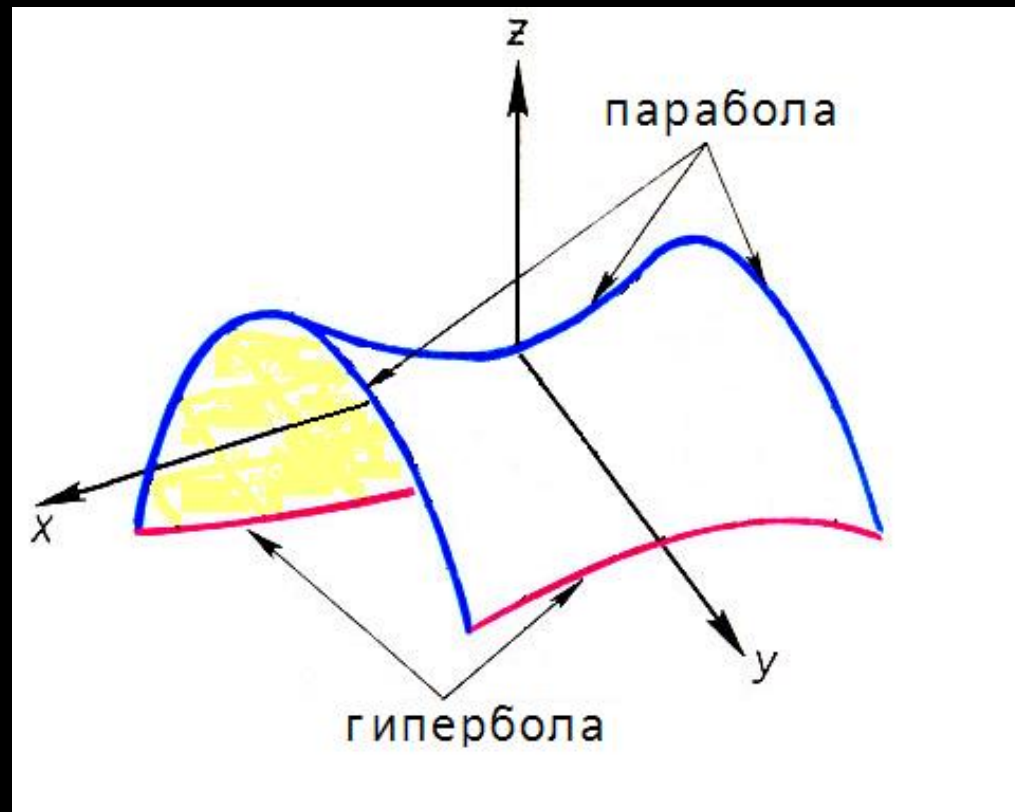


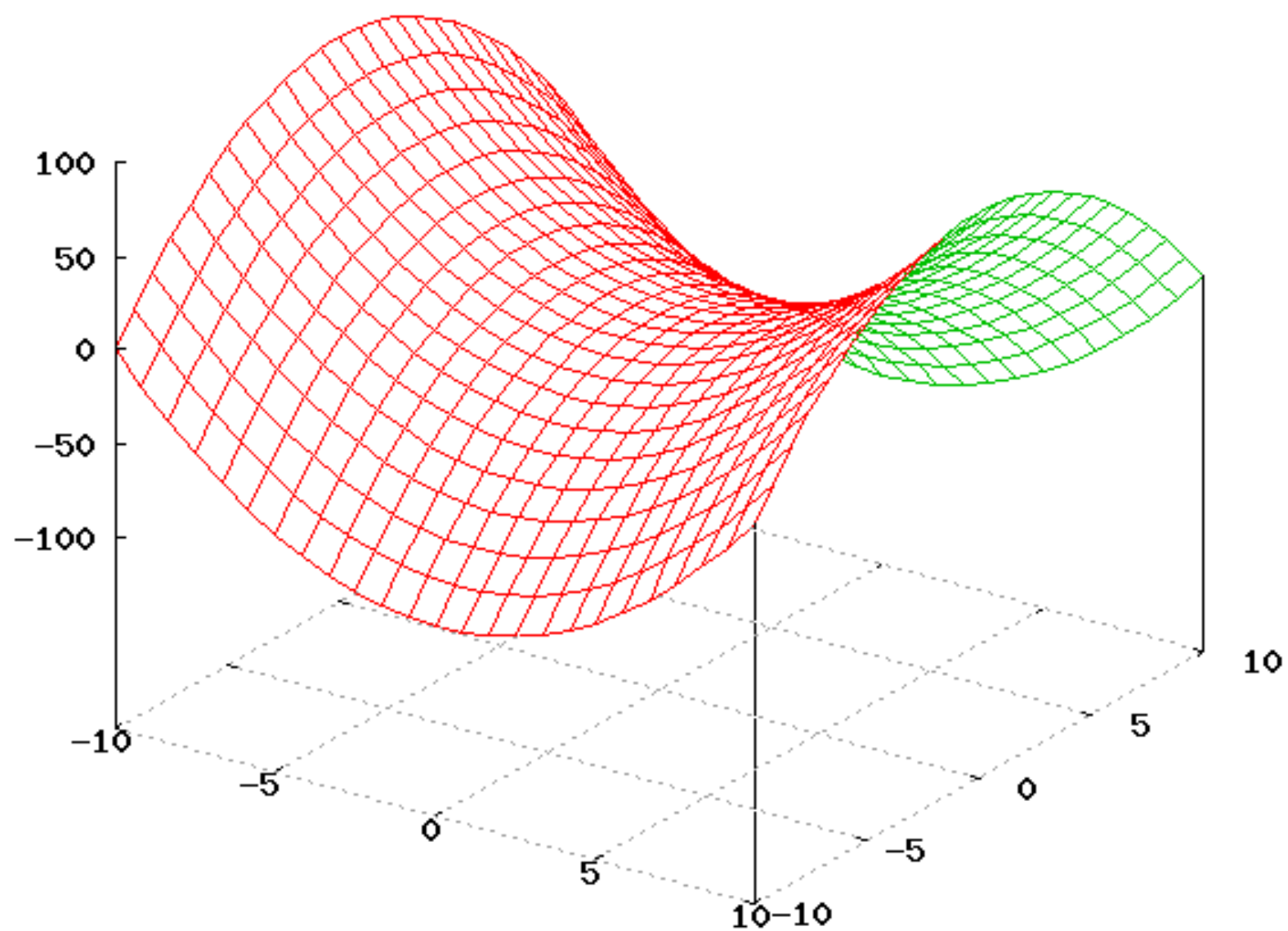


Гипар - оболочка, очерченная по поверхности
гиперболического параболоида над
прямоугольным планом

Сечение вертикальными и
наклонными плоскостями —
параболы.

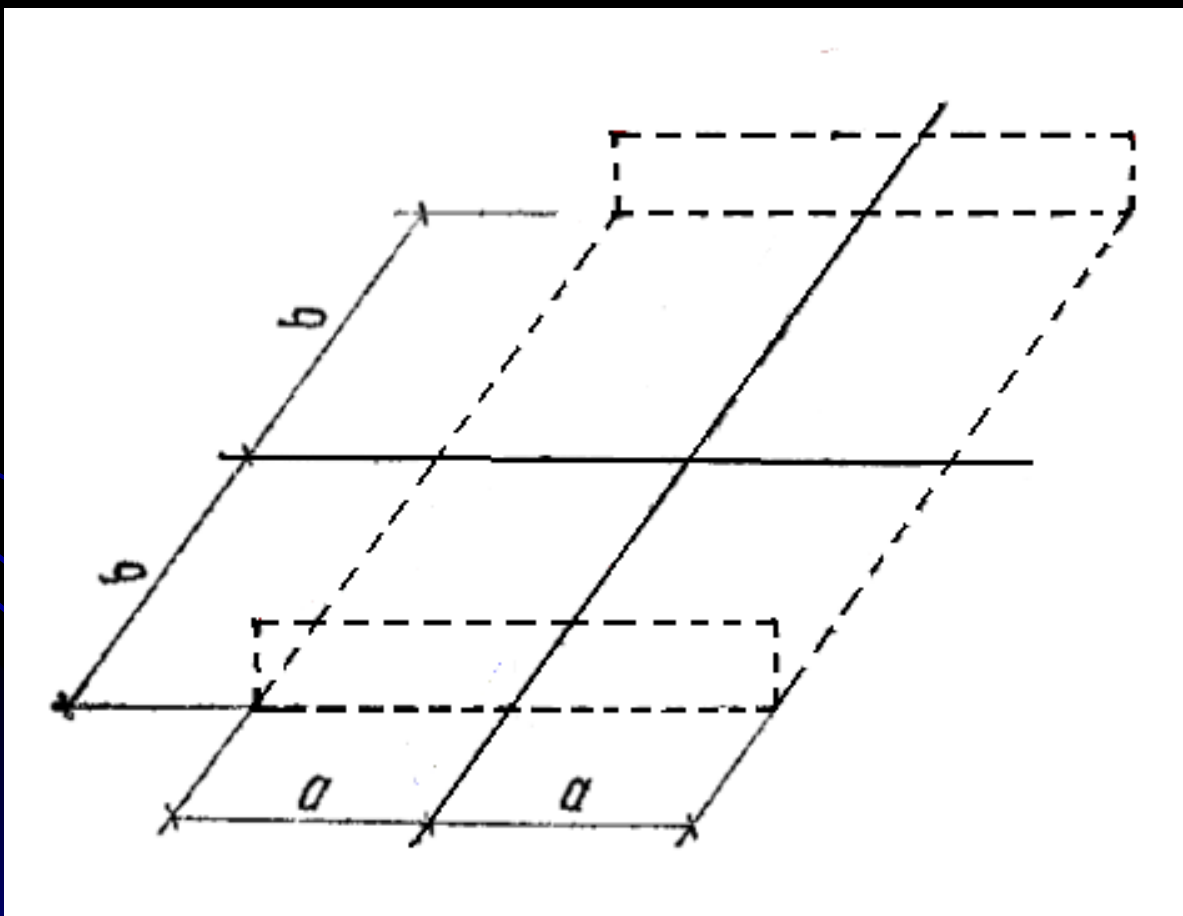
Сечение горизонтальной
плоскостью — **гипербола**.

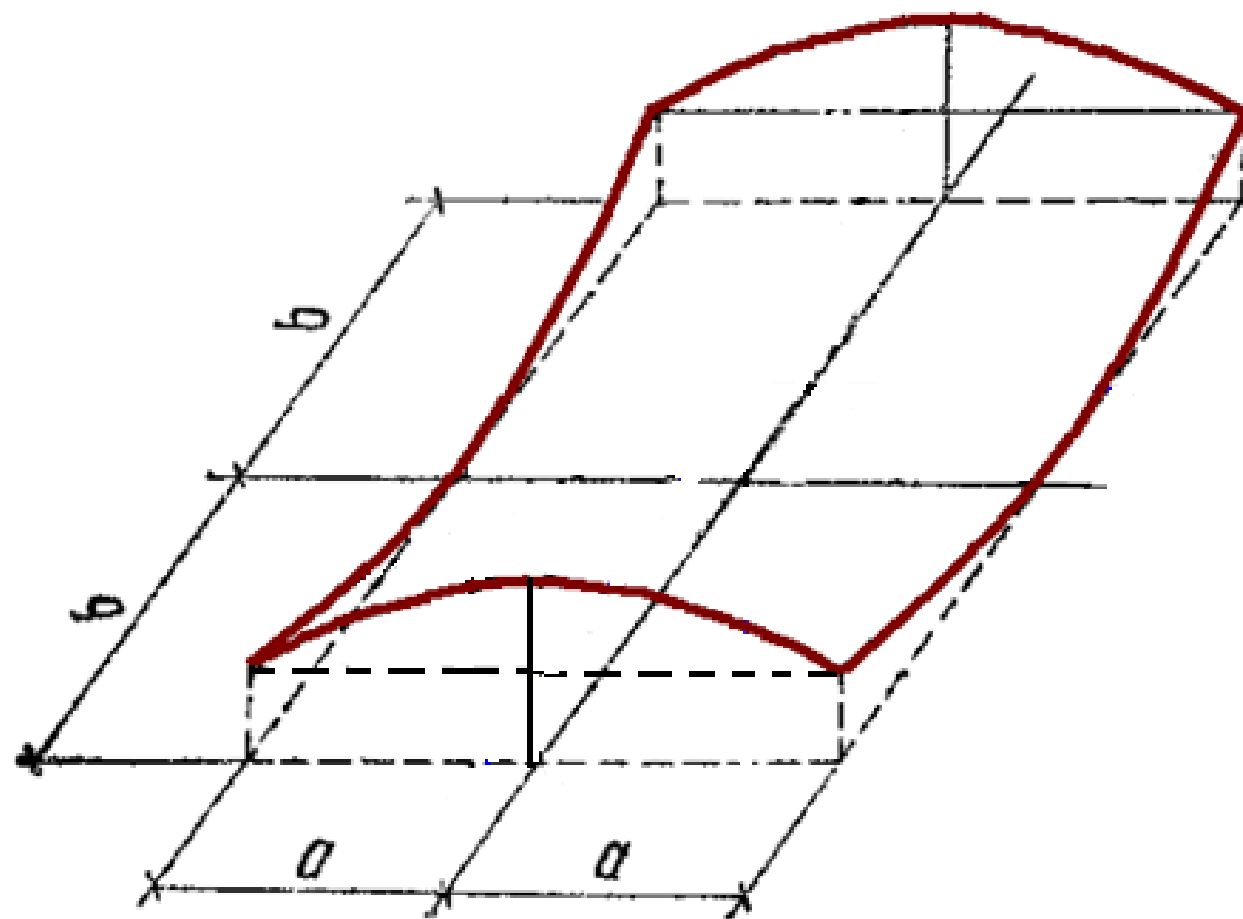


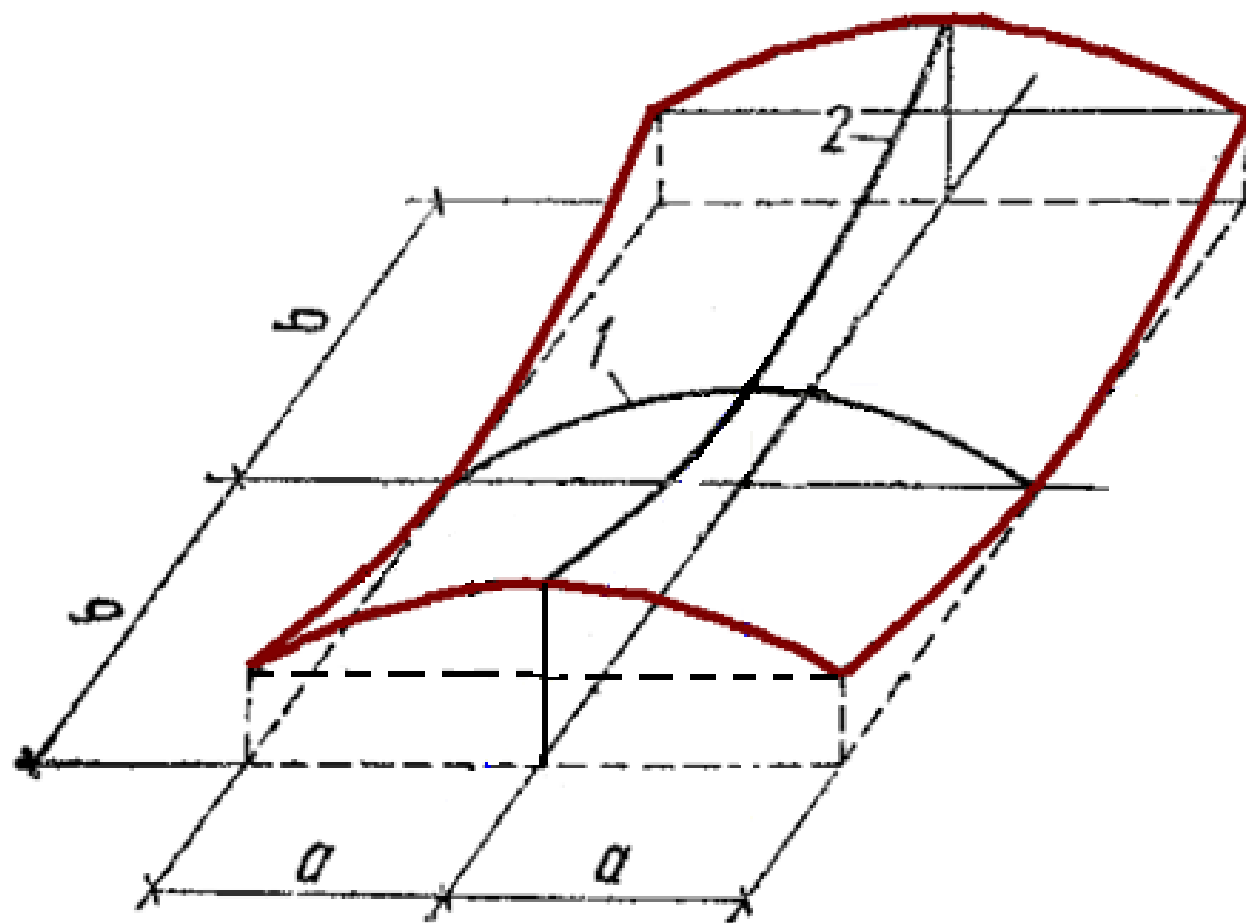


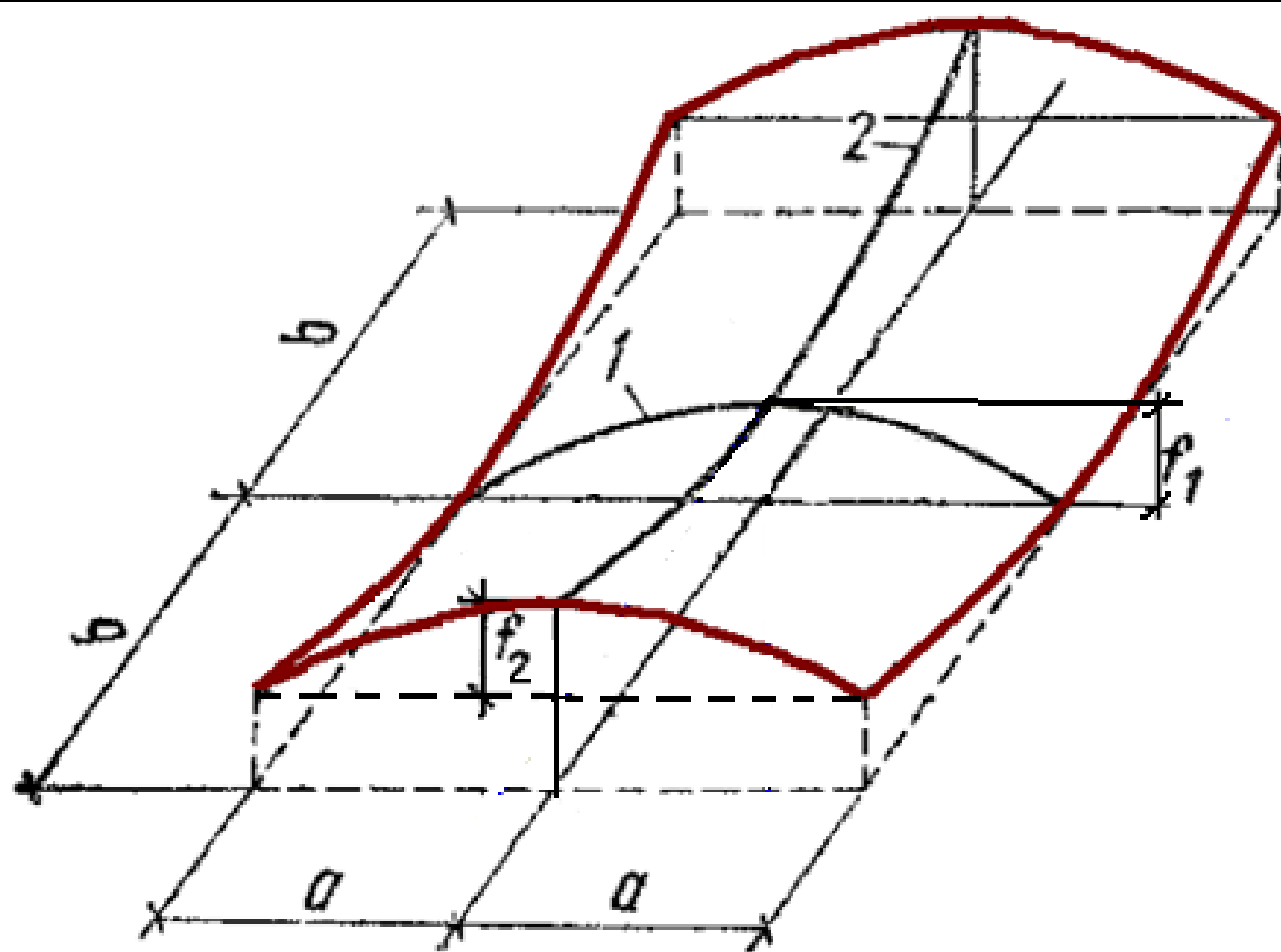
Два основных вида гипаров:

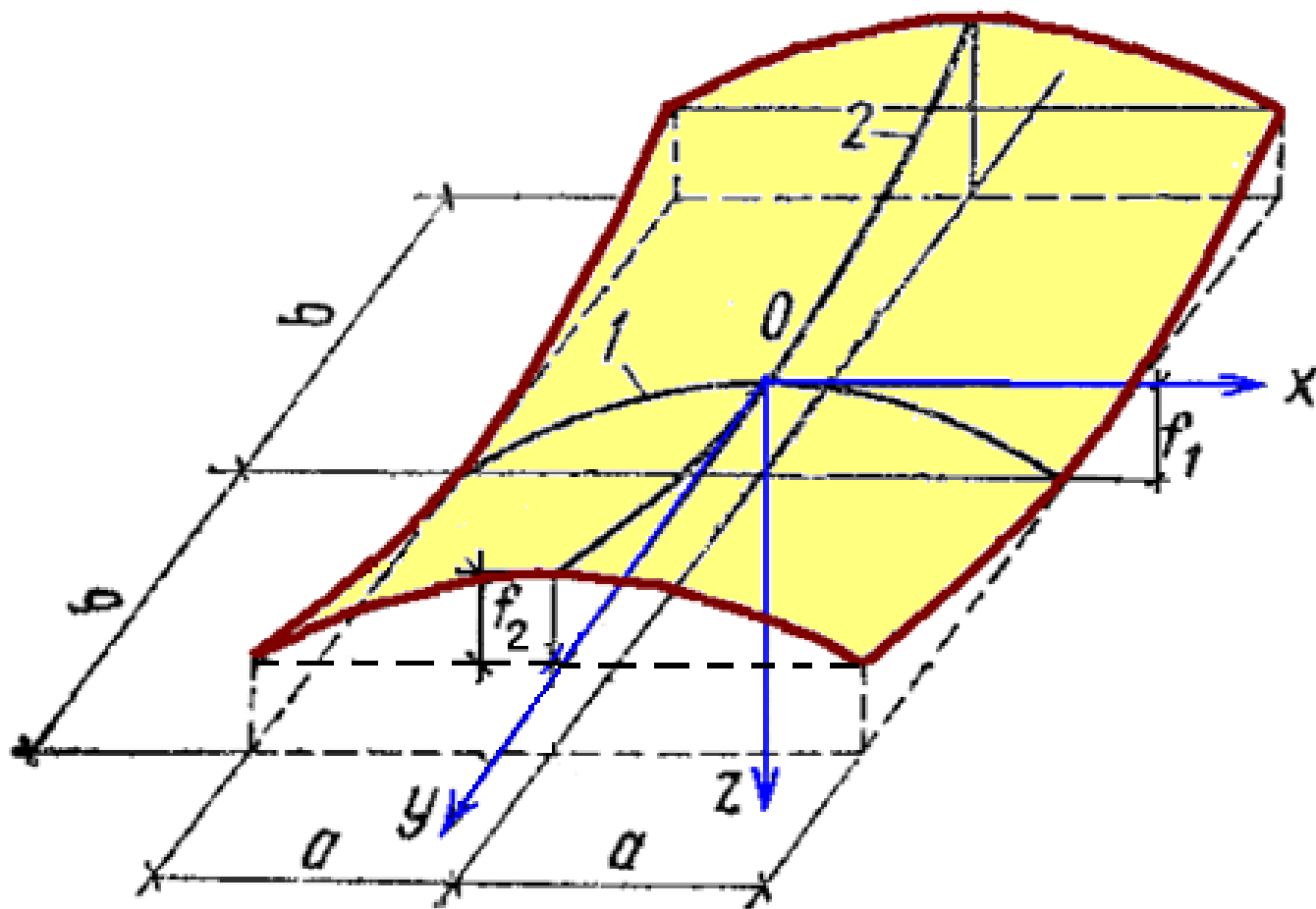
А. Гиперболический параболоид с главными направлениями (1 и 2), **параллельными** сторонам основания.





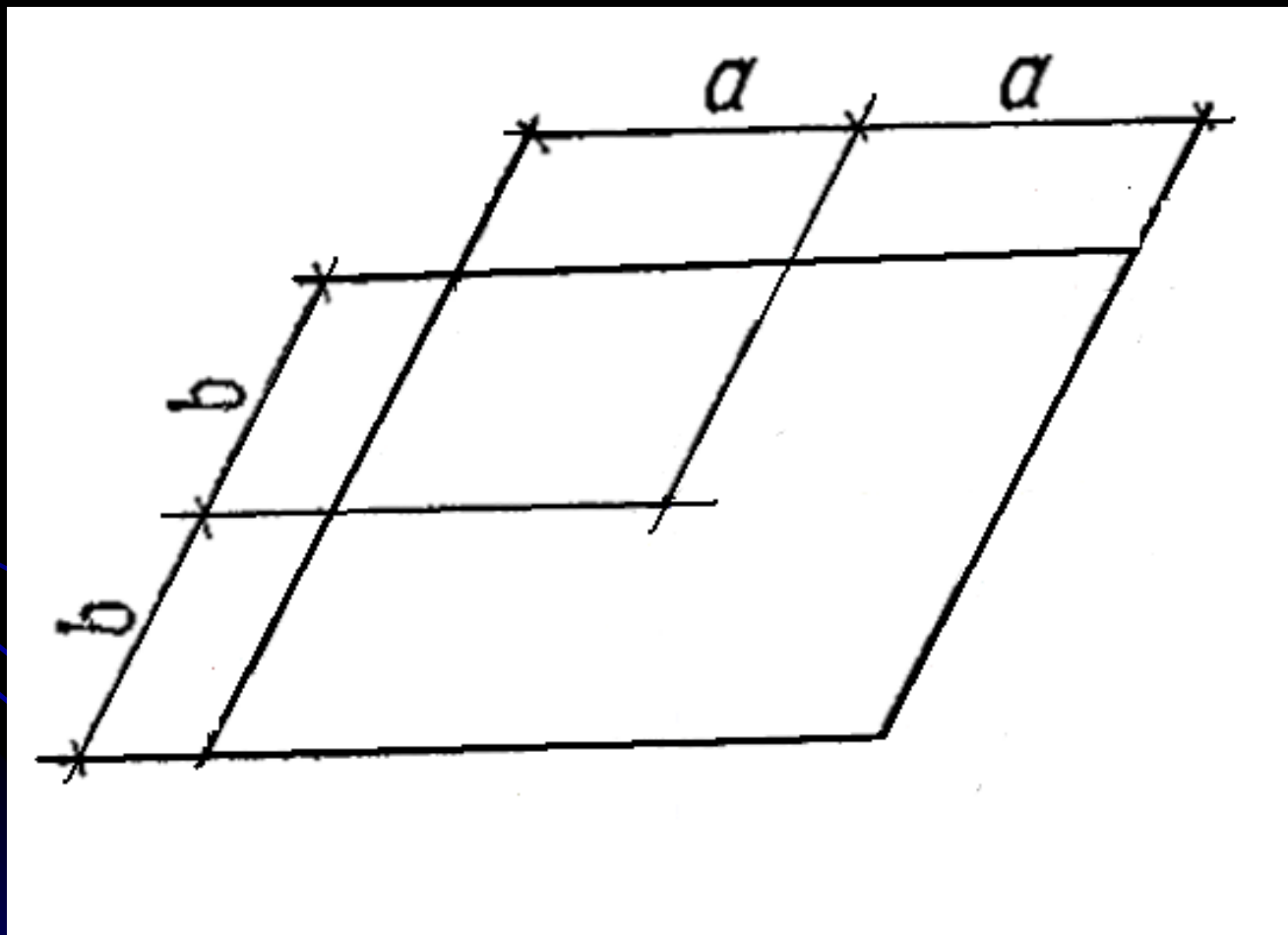


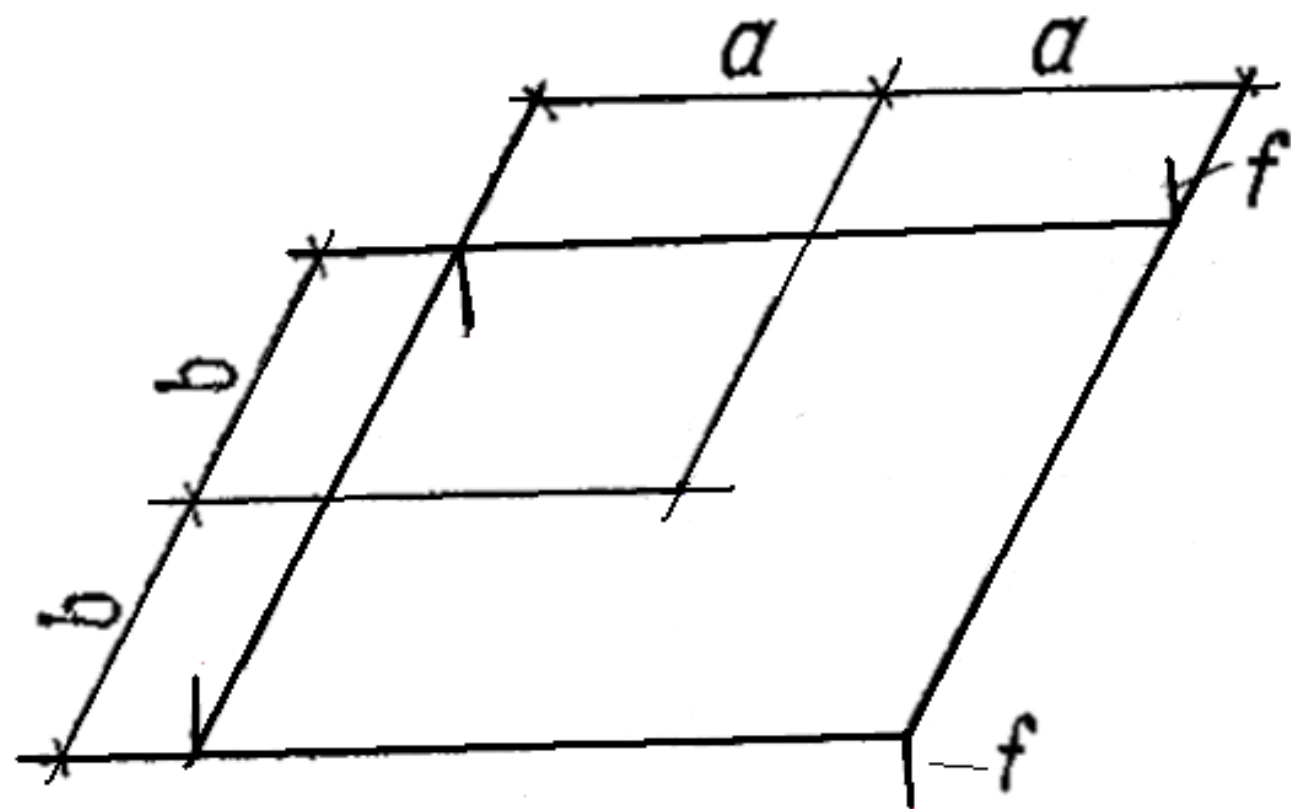


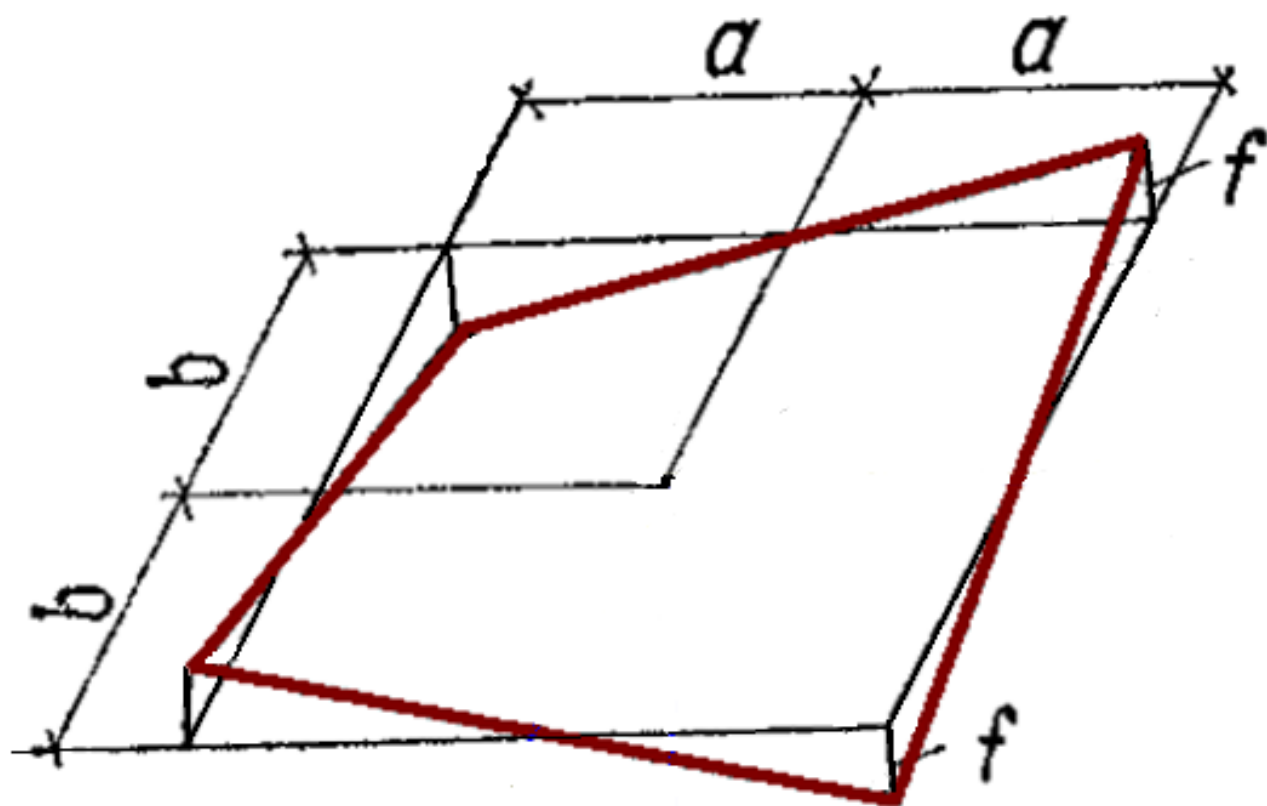


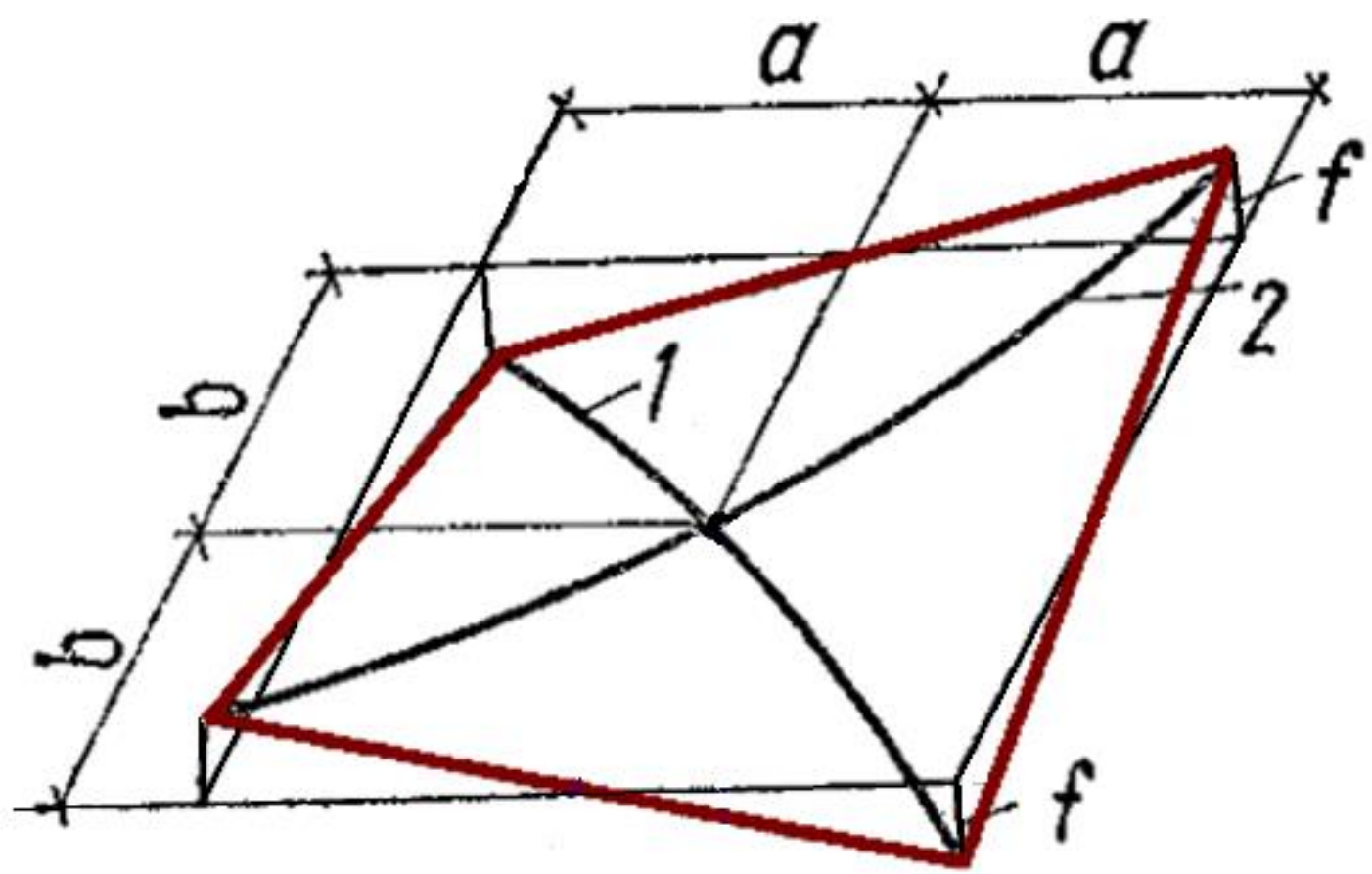
$$Z = f_1 \frac{x^2}{a^2} - f_2 \frac{y^2}{b^2}$$

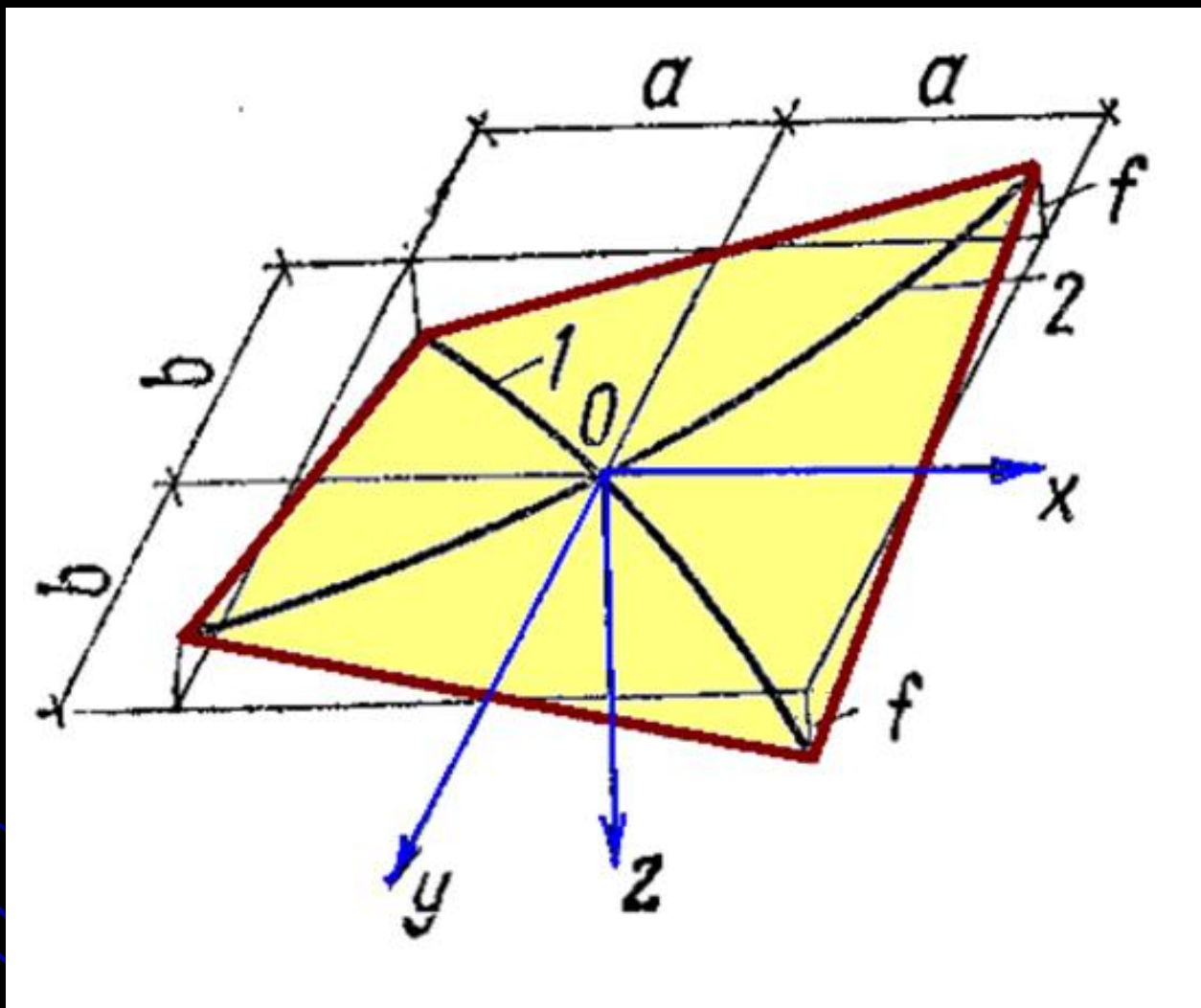
Б. Гиперболический параболоид с главными направлениями (1 и 2), **вдоль диагоналей** основания.







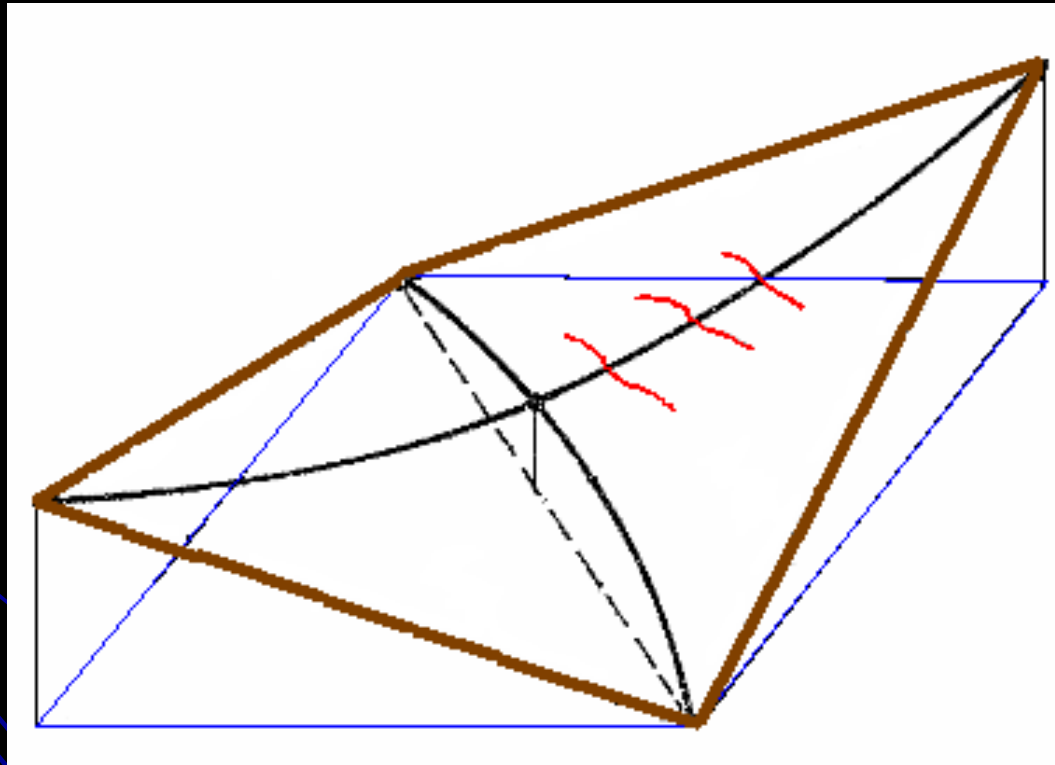




$$Z = c \cdot xy \quad \text{где} \quad c = \frac{f}{ab}$$

В направлении положительной кривизны (выпуклая парабола – главное направление 1) усилия в оболочке сжимающие.

Вдоль отрицательной кривизны (вогнутая парабола - главное направление 2) усилия растягивающие.

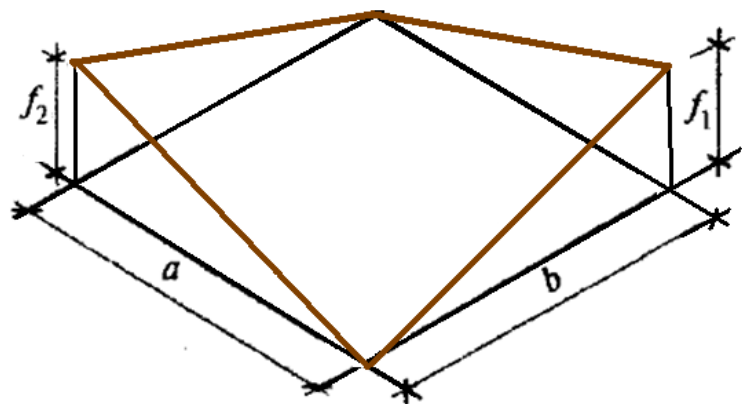


Растягивающие усилия полностью должны быть восприняты арматурой.

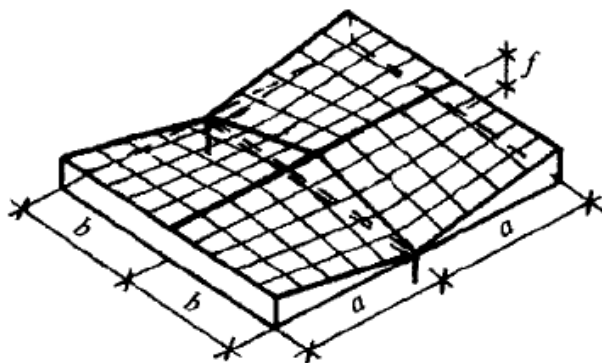
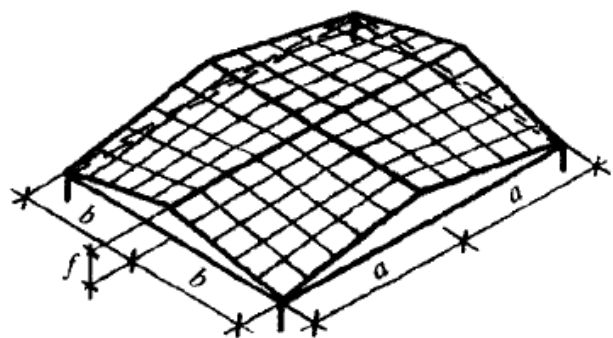




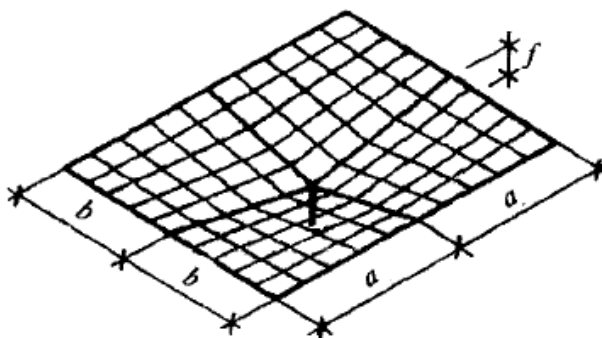
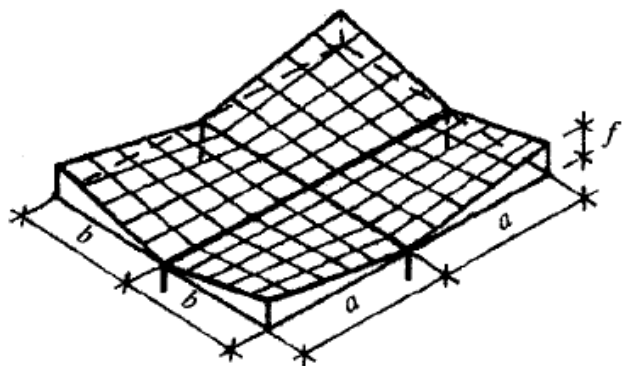




Наиболее распространенным в практике строительства является прямоугольный гиперболический параболоид, называемый **гипаром**.



Однолепестковый
и
четырёхлепестковые
гипары



Напряженное состояние гипара с достаточной для практических расчетов точностью может быть принято **безмоментным**.

Система уравнений равновесия внутренних сил и нагрузки на прямоугольном элементе проекции оболочки на горизонтальную плоскость имеет вид:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial N_x}{\partial x} + \frac{\partial N_{xy}}{\partial y} + X = 0; \\ \frac{\partial N_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial N_y}{\partial y} + Y = 0; \\ k_x N_x + 2k_{xy} N_{xy} + k_y N_y = pX + qY - Z. \end{array} \right.$$

N_x, N_{xy}, N_y - проекции внутренних усилий

X, Y, Z - составляющие внешней нагрузки вдоль осей

Кривизны поверхности вдоль осей «Х» и «У»

$$k_x = \frac{\partial^2 (c \cdot xy)}{\partial x^2} = 0 \quad k_y = \frac{\partial^2 (c \cdot xy)}{\partial y^2} = 0$$

Кривизна кручения (постоянна по поверхности)

$$k_{xy} = \frac{\partial^2 (c \cdot xy)}{\partial x \partial y} = c = \frac{f}{ab}$$

Величины p и q определяются зависимостями:

$$p = \frac{\partial (c \cdot xy)}{\partial x} = cy$$

$$q = \frac{\partial (c \cdot xy)}{\partial y} = cx$$

При вертикальной нагрузке q_0 , равномерно распределенной по горизонтальной поверхности оболочки:

$$X = 0; \quad Y = 0; \quad Z = q_0$$

Решая систему уравнений получим:

$$N_x = 0;$$

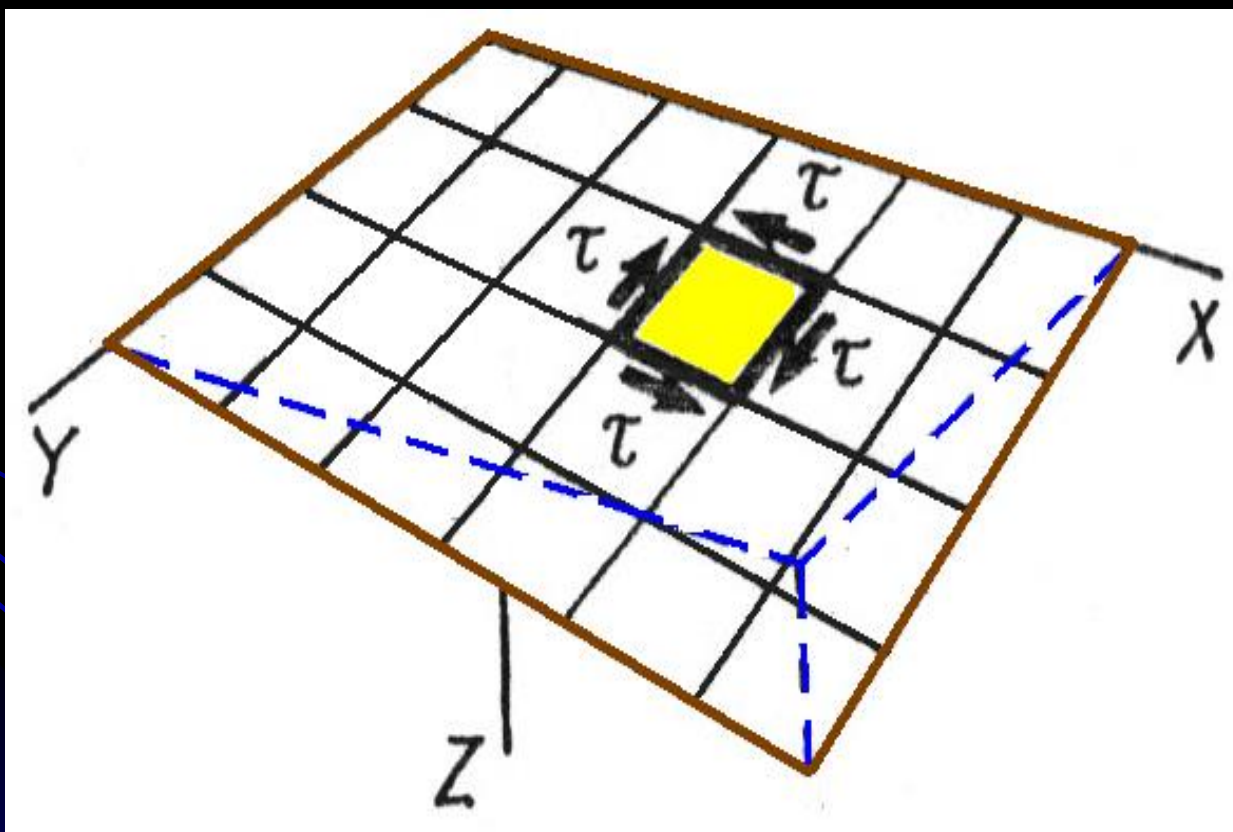
$$N_y = 0;$$

$$N_{xy} = \frac{q_0}{2c} = \frac{q_0 ab}{2f};$$

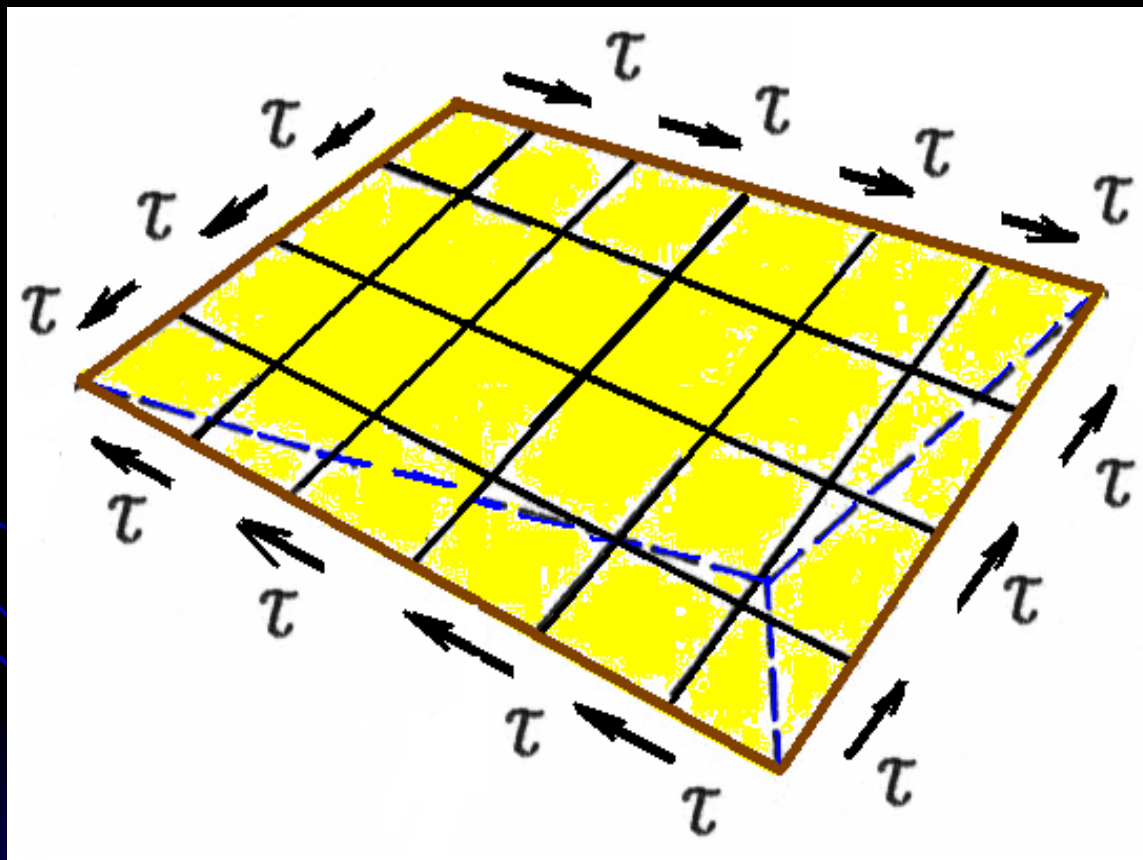
В пологих оболочках усилия, действующие в оболочке принимают равными усилиям в проекции оболочки.

- Как видим, в оболочке нормальные усилия отсутствуют, а касательные по всей ее площади постоянны.

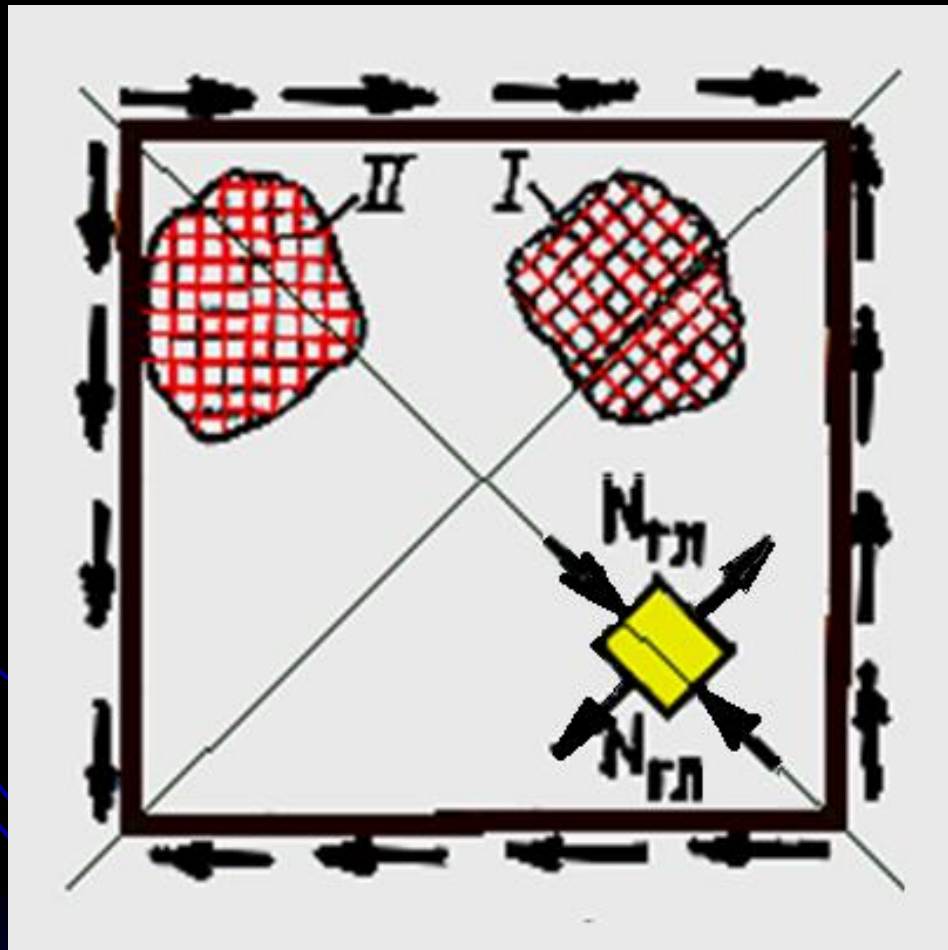
Таким образом, напряженное состояние оболочки сводится к **чистому сдвигу**.



Касательные усилия с оболочки передаются на бортовые элементы.

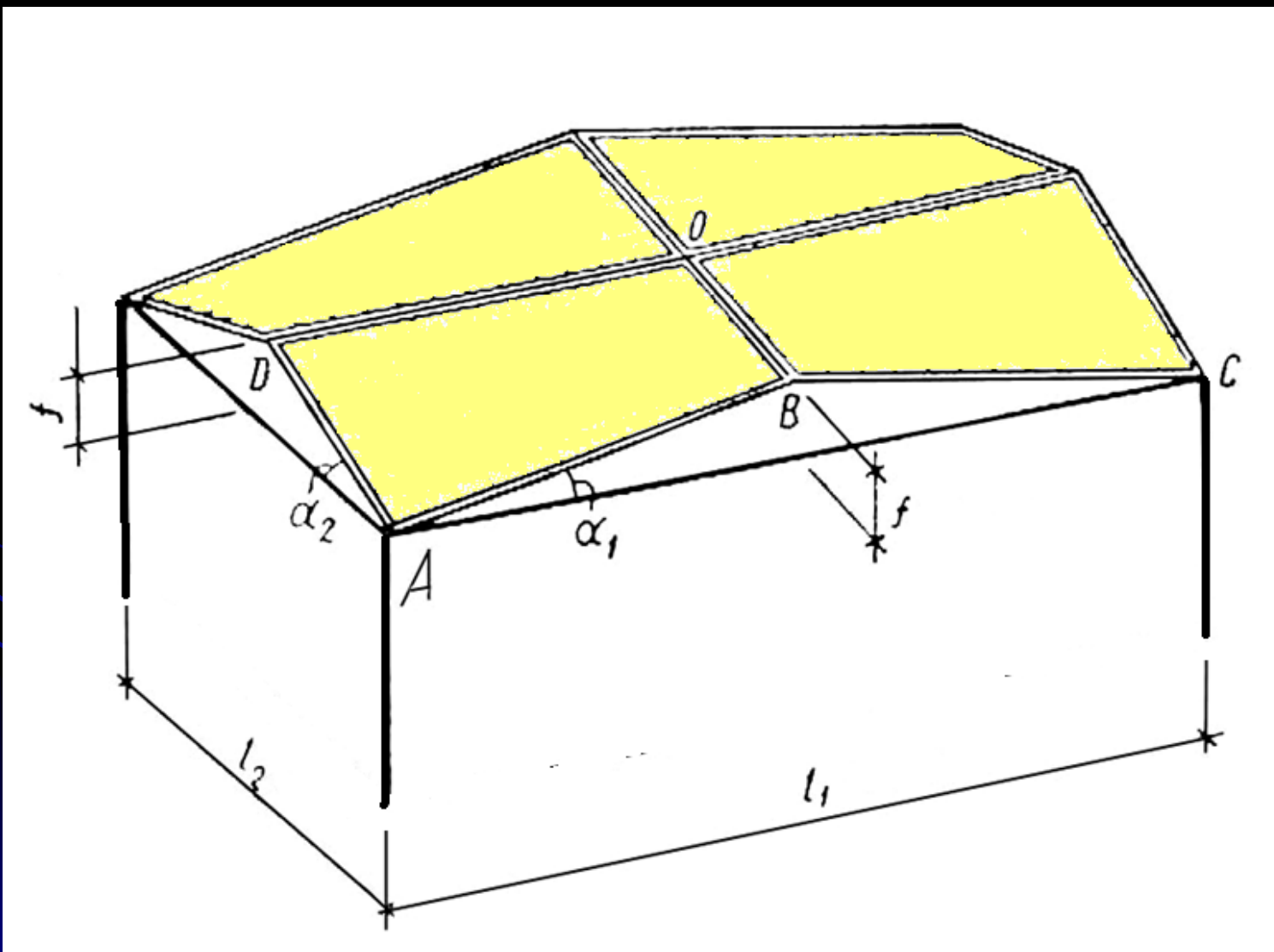


В этом случае **главные** усилия численно равны касательным и постоянны по всей оболочке: одно из них растягивающее, другое - сжимающее.

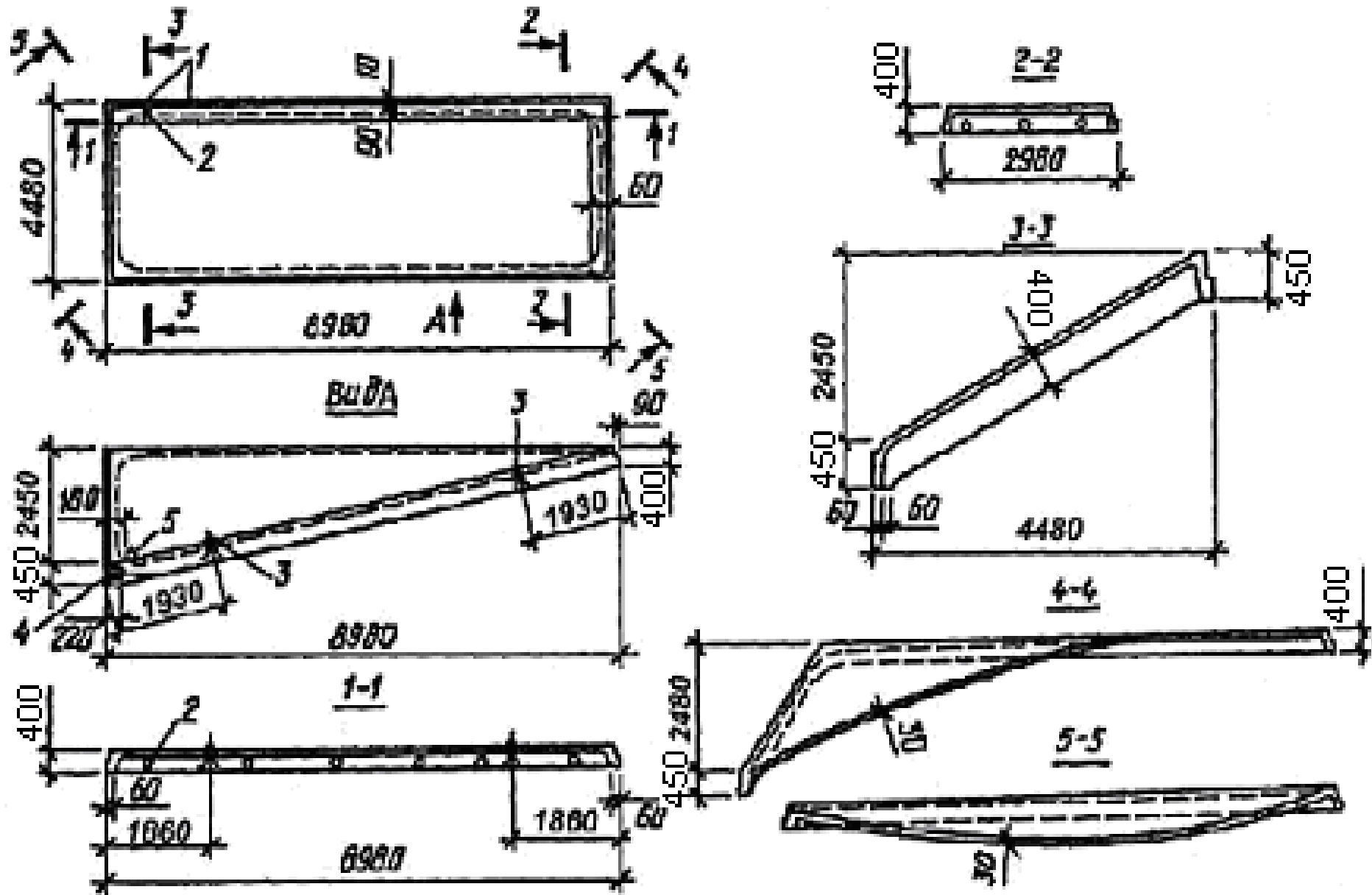


Арматуру располагают

Конструктивное решение составной оболочки в виде четырёх лепесткового гипара



Сборная плита размером 4,5х9 м.







www.tagweb.co.uk/french-waterways













Владимир Григорьевич Шухов
(1853 – 1939)

Им были созданы исключительно легкие арочные конструкции с тонкими наклонными затяжками (ГУМ, Петровский пассаж, Пушкинский музей и др.)



Москва, Пушкинский музей

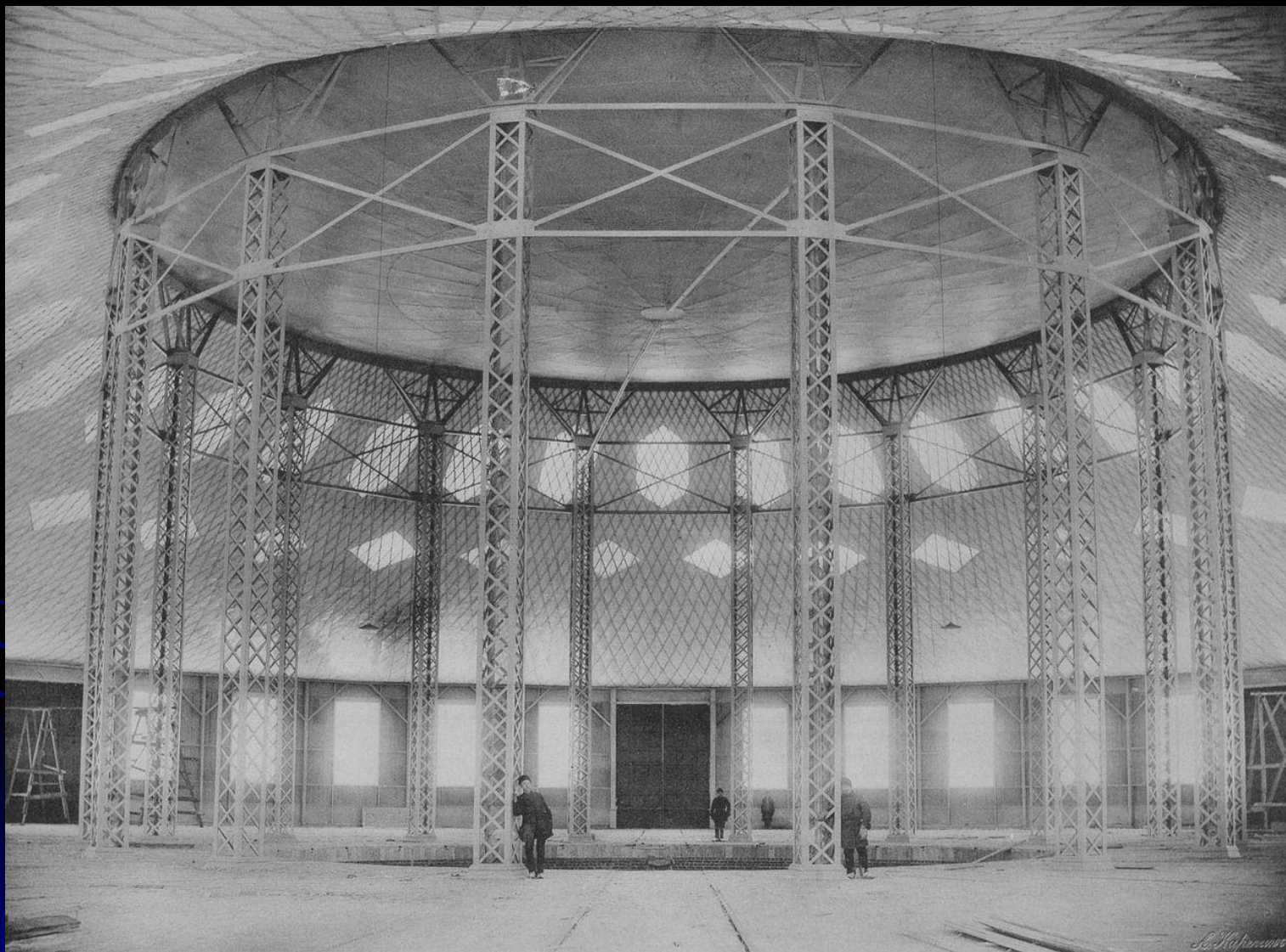


Москва, ГУМ

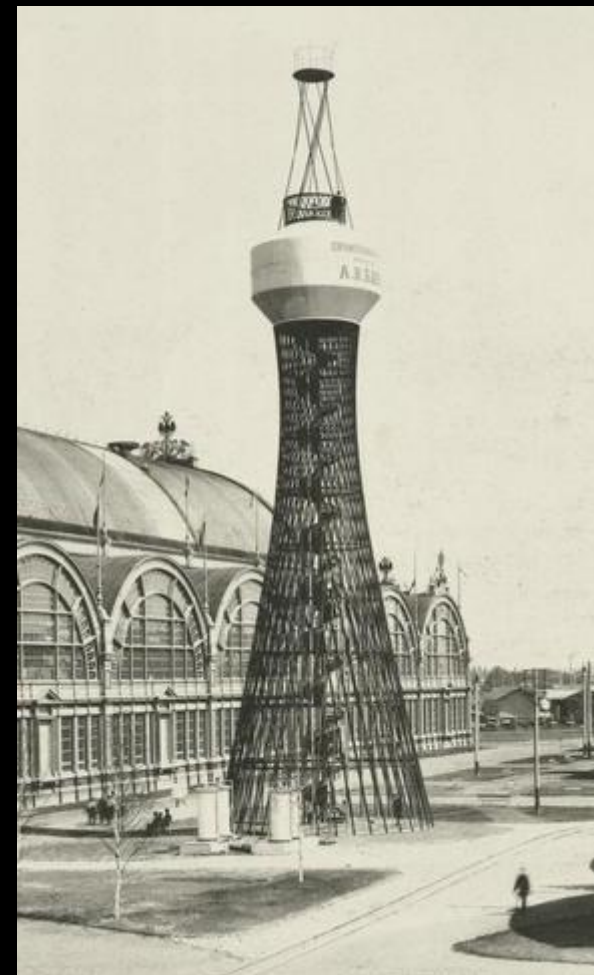
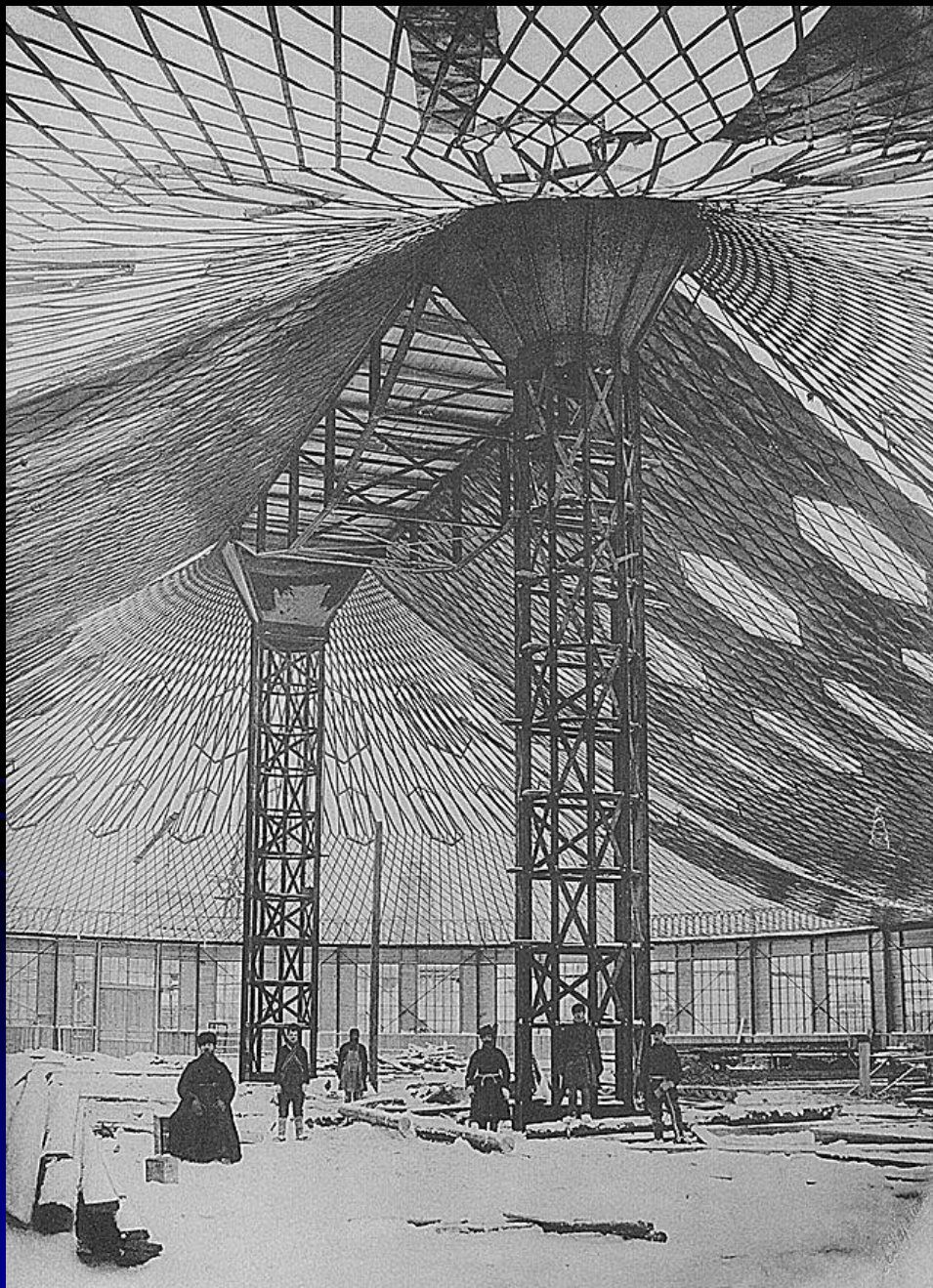


Москва, Киевский вокзал

Впервые в мире им разработаны и построены сетчатые оболочки покрытий и сетчатые гиперболоидные башни-оболочки покрытий



Всероссийская промышленная и художественная выставка 1896 г. в Нижнем Новгороде. Знаменитый павильон – ротонда Шухова.



Первая в мире гиперболоидная
башня
(Нижний Новгород, 1896г.)

ВОДОПЯЩАЯ БАШНЯ

СПЕЦИАЛЬНЫЙ
ИНЖ. В. Г. ШУХОВА

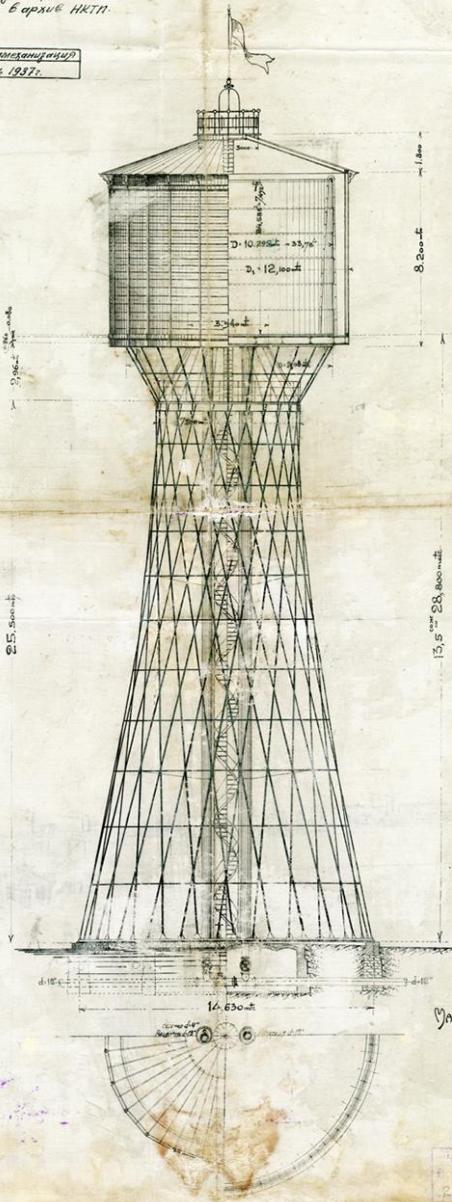
С РЕЗЕР. 50 000 ВЕДЕР

ГОР. ПЯНОВО-ВОЗНЕСЕНСКОЕ

ПРИМЕЧАНИЕ

Чертежи опор, винтовой
лестницы, трубопровода и
шаблоны находятся в папке
№ 76 станции в архиве НКТИ.

Стальгравиманушн
40-2
июль 1937 г.



Водопашная башня

системы Инж. В. Г. ШУХОВА.

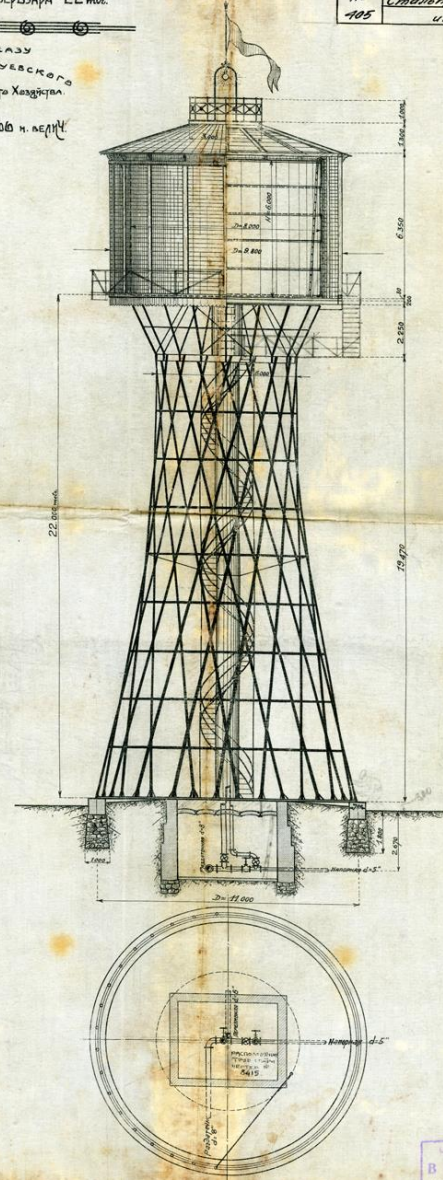
С РЕЗЕРВУАРОМ емк. 25 000 ВЕДЕР

Высота до дна резервуара = 22 м.

ПО ЗАКАЗУ
ШРЕКОВА-ШУХОВСКОГО
Бюро технического Хозяйства

Масштаб 1:100 м. верн.

ПРИМЕЧАНИЕ
Чертежи опор, фундаментов,
лестницы, трубопровода, шаблона
и шаблоны станы в архиве НКТИ.
Чертежи в папке № 76.
Стальгравиманушн
40-5
июль 1937 г.



ЧЕРТЕЖИ ХРАНИТЬ
В ПАПКЕ № 189
9 VII 1937 г.



Строительство первых в мире оболочек-покрытий двойкой кривизны
конструкции В.Г. Шухова
(металлургический завод 1897 г.)



Радиобашня на улице
Шаболовка в Москве



Радиобашня на улице Шаболовка в Москве



Япония





Китай



Телебашня в Сиднее



Сетчатая оболочка Британского музея



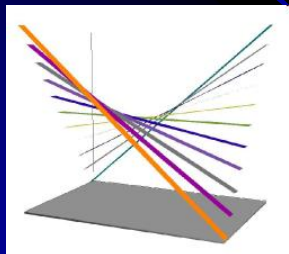
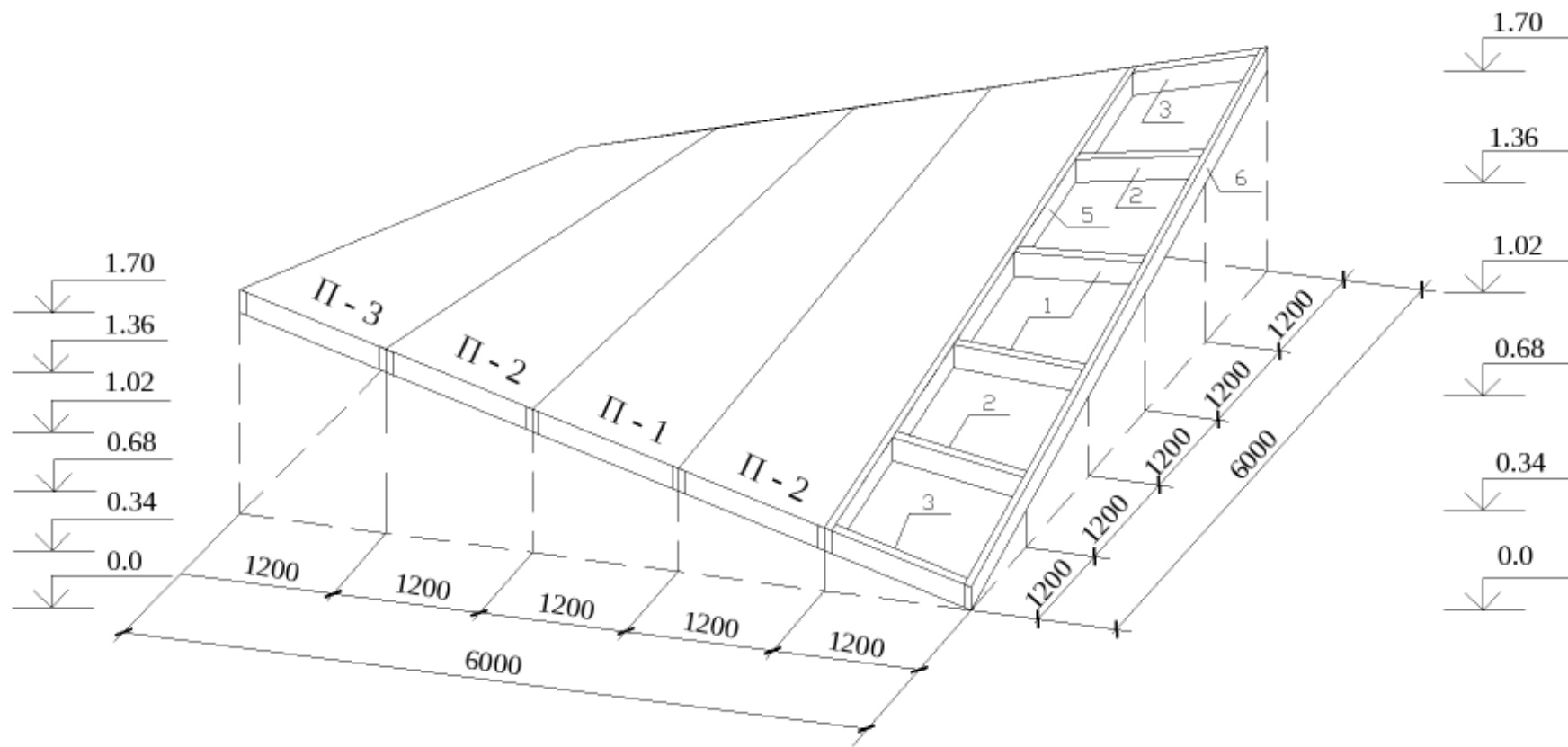
Мосты будущего











Спасибо за внимание

