

РАСЧЕТ ПОДПОРНЫХ СТЕНОК С РАЗГРУЖАЮЩИМИ БАЛКАМИ И ПЛИТАМИ.

Карпюк В.М.

Одесская государственная академия строительства и архитектуры

Яковлев П.И., Муратова Е.А., Петросян В.Н., Калюжная В.Е.

Одесский государственный морской университет.

Подпорные стенки являются одной из наиболее распространенных конструкций, применяемых во всех областях строительства. Разгружающие устройства, использующие необычное свойство грунтовой среды – внутреннее трение, являются эффективным средством облегчения стенок. На основе результатов опытов с разгружающими балками и разгружающими плитами, выполненных Яковлевым П.И. и разработанных им методов расчета предложен способ определения давления для случая, когда задняя грань ограждения имеет разгружающие устройства на двух уровнях: вверху балки, ниже плита

Особенностью расчета является построение эпюры бокового давления над разгружающими балками, между балками и плитой, ниже плиты и определение давления на балки и плиту.

Взаимодействие стенки с засыпкой можно свести к рассмотрению следующих вопросов: давление на верхнюю часть стенки, давление на балки и давление на нижнюю часть стенки с плитой.

Разгружающая балочная система характеризуется коэффициентом сплошности разгружающей системы, определяемым по формуле (рис.1,в):

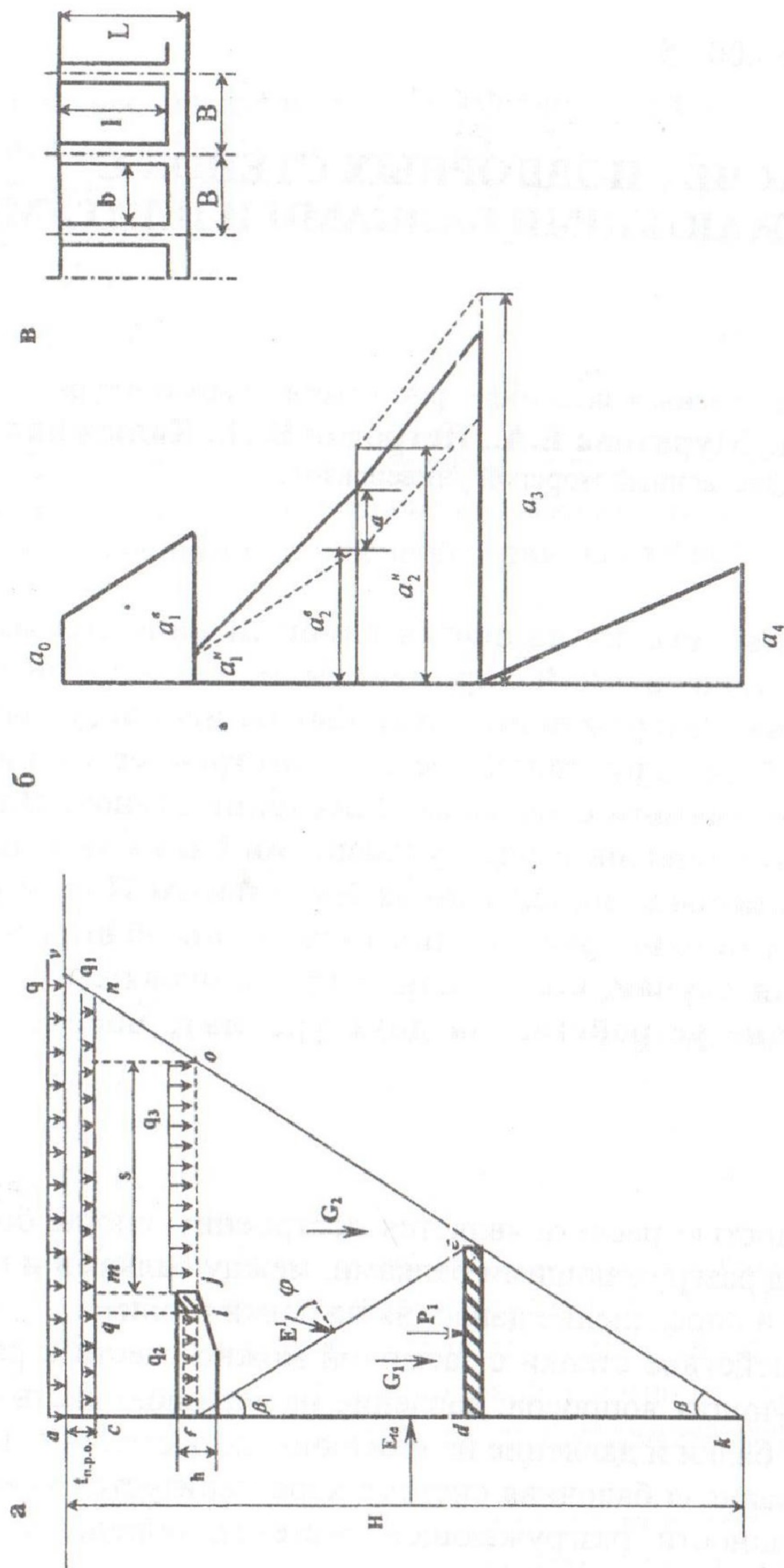


Рис. 1 Расчетная схема для определения бокового давления на стенку с разгружающей балочной системой и разгружающей плитой

$$n = \frac{F_1}{F_2} = \frac{BL - bl}{BL} = 1 - \frac{bl}{BL}. \quad (1)$$

При наличии балок в виде отдельных консолей формула приобретает вид:

$$n = 1 - \frac{bl}{BL}. \quad (2)$$

Для определения вертикального давления грунта на балки введем понятие о плоскости равных осадок, предложенное Г.К. Клейном для случая расчета подземных трубопроводов. Учитывая, что измеренные величины относительных сдвигов в верхней части очень малы [1-4], для рассматриваемого случая принимаем, что плоскость равных осадок sp (рис. 1,а) проходит на высоте над поверхностью балок, равной пятикратной ширине балки, т.е. $5(B - b)$. Это означает, что на этом уровне частицы и над балками, и между балками оседают одинаково, и вышележащий слой засыпки может рассматриваться как равномерно распределенная нагрузка.

Выделим из призмы $cfiq$ (рис. 1,а) с площадью поперечного сечения bl элемент высотой dz . Проектируя все силы, действующие на элемент на вертикальную ось, получаем уравнение, преобразовав и проинтегрировав которое получим формулу для определения σ_{v1} интенсивности вертикального давления внутри ячеек на глубине $t + \frac{h}{2}$ от поверхности засыпки:

$$\sigma_{v1} = \frac{\gamma}{M_1} + \left(q_1 - \frac{\gamma}{M_1} \right) \cdot \exp(-M_1 z), \quad (3)$$

$$\text{где } M_1 = \frac{k \cdot \operatorname{tg} \varphi (b + 2l) + b \lambda_{\text{гор}} \cdot \operatorname{tg} \delta}{bl}, \quad (4)$$

z — расстояние от плоскости равной осадки до рассматриваемого сечения. В нашем случае $z = t - t_{n.p.o.}$, где t — расстояние от поверхности засыпки до верха балок;

δ — угол трения грунта по стенке.

При наличии за стенкой балок в виде отдельных консолей формула (4) принимает вид:

$$M_1 = \frac{2lk \cdot \operatorname{tg} \varphi + b \lambda_{\text{гор}} \cdot \operatorname{tg} \delta}{bl}, \quad (4')$$

где $\lambda_{\text{гор}}$ - коэффициент горизонтальной составляющей интенсивности давления:

$$\lambda_{\text{гор}} = \mu \cdot \lambda_a \cos \delta, \quad (5)$$

μ , k - коэффициенты, определяемые по эмпирическим формулам [5,8]:

$$\mu = 2,38 - \frac{0,45}{n^{0,81}}; \quad (6)$$

$$k = 0,09 + 1,04n^{0,9}; \quad (7)$$

λ_a - коэффициент активного давления, определяемый обычным способом.

Интенсивность вертикального давления на балки определяем из условия равновесия призмы $cfjm$ с площадью поперечного сечения BL , учитывая равнодействующую сил трения T_{mj} по грани mj :

$$p = \frac{BL(5\gamma(B-b) + q_1) + T_{mj} - \sigma_{v1}bl}{BL - bl}, \quad (8)$$

$$T_{mj} = \frac{B \cdot s[q_1 + 5\gamma(B-b) - q_3] \cdot \varphi}{\varphi + \delta'}. \quad (9)$$

Согласно опытным измерениям рекомендуется принимать в расчетах угол $\delta' = 0,85\varphi$.

При наличии за стенкой балок в виде отдельных консолей формула (8) принимает вид

$$p = \frac{BL(5\gamma(B-b) + q_1) + T_{mj} - \sigma_{v1}bl}{l(B-b)}. \quad (8')$$

Интенсивность q_1 определяем из рассмотрения условий равновесия части призмы обрушения, лежащей выше плоскости равной осадки, по формуле:

$$q_1 = \frac{\operatorname{tg} \beta (2qH + 2\gamma \cdot Ht_{n.p.o.} - \gamma \cdot t_{n.p.o.}^2) - 2E_{ac} [\cos \delta \cdot \operatorname{tg}(\beta + \varphi) + \sin \delta]}{2\operatorname{tg} \beta \cdot (H - t_{n.p.o.})}. \quad (10)$$

В этой формуле угол β определяется обычным способом с учетом угла трения грунта о стенку δ , а E_{ac} представляет равнодействующую давления на участок стенки ac высотой $t_{n.p.o.}$

Принимая распределение давлений вдоль стенки по ширине L равномерным, находим величину интенсивности давления q_2 на участке ff :

$$q_2 = \frac{\sigma_{v1} \cdot bl}{BL} = \sigma_{v1} \cdot (1 - n). \quad (11)$$

Интенсивность вертикального давления q_3 на участке jo определяем из выражения:

$$q_3 = \frac{\gamma}{M_2} + \left(q_1 - \frac{\gamma}{M_2} \right) \exp(-M_2 z), \quad (12)$$

$$\text{где } M_2 = \frac{k}{s} (\operatorname{tg} \varphi + \operatorname{tg} \delta'). \quad (13)$$

При наличии за стенкой балок в виде отдельных консолей формула (13) принимает вид

$$M_2 = \frac{k}{s} \left(\frac{B-b}{b} \operatorname{tg} \varphi + \operatorname{tg} \delta' \right). \quad (13')$$

Разгружающую плиту в рассматриваемом случае располагаем таким образом, чтобы она доходила до плоскости обрушения (но это не является обязательным условием). Угол наклона β_1 внутренней поверхности скольжения к вертикали определяется в соответствии с ранее разработанными рекомендациями [5-8].

Давление E' на плоскость fe (рис.1,а) определяется, как на стенку, наклонённую под углом β_1 , при угле трения грунта о стенку $\delta = \varphi$ и временных нагрузках на «поверхности засыпки» q_2 и q_3 .

Область засыпки fed находится в упругом состоянии, поэтому сила E_{fd} будет направлена по нормали к задней грани стенки [5]. Из уравнения проекций на горизонтальную ось $\sum X = 0$ определяем силу E_{fd} :

$$E_{fd} = E' \cos(\varphi + \beta_1). \quad (14)$$

Из уравнения проекций на вертикальную ось $\sum Y = 0$ находим силу P_1 :

$$P_1 = G_1 + E' \sin(\varphi + \beta_1), \quad (15)$$

где G_1 — собственный вес призмы обрушения fed ;

При построении эпюры интенсивности горизонтальных давлений ординаты a_0 , $a_1^в$, $a_1^н$, $a_2^в$, $a_2^н$, a_3 , a и a_4 определяются в соответствии с ранее разработанными рекомендациями [5] (рис.1, б).

Выполненные расчеты показали, что применение разгружающего устройства в виде балочной системы и плиты позволяет существенно снизить боковое давление грунта на сооружение.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Яковлев П.И. Опытные исследования нового типа разгружающего устройства подпорных стенок // Научные труды Гидротехника. – М.: Транспорт, 1964, вып. III. – С. 68 – 76.
2. Яковлев П.И. Экспериментальные исследования давления грунта на стенки с двумя разгружающими плитами при разрывных нагрузках на засыпке // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 1974, №3. – С. 7-9.
3. Яковлев П.И. Экспериментальные исследования давления грунта на стенку с разгружающей плитой при воздействии многократно прикладываемой нагрузки // Научные труды Морские порты. – М.: изд. Рекламинформбюро ММФ, 1975, вып.7. – С.47- 51.
4. Яковлев П.И. Исследование влияния заглубления разгружающей плиты и положения временной нагрузки на распределение давления по стенке // Научные труды Дальневосточного политехнического института им. В.В. Куйбышева. – Владивосток, 1975, т. 96. – С. 28-35.
5. Яковлев П.И. Несущая способность оснований портовых сооружений. – М.: Транспорт. 1978. – 207 с.
6. Яковлев П.И. Устойчивость транспортных гидротехнических сооружений. – М.: Транспорт. 1986 – 191 с.
7. Яковлев П.И. Исследование и разработка методов расчета портовых гидротехнических сооружений на основе технической теории предельного напряженного состояния грунтовой среды: Автореф. дис. д-ра техн. наук. – Л. 1981. – 40 с.
8. Яковлев П.И., Бибичков А.Г., Бибичков А.А. Взаимодействие сооружений с грунтами. – М.: ОАО "Издательство "Недра", 1997. – 464 с.