

УДК 641.8

*Вамболь С.А., канд. техн. наук, нач. каф., НУГЗУ,
Халыпа В.М., канд. техн. наук, доц., НУГЗУ*

АЛГОРИТМ РАСЧЕТА ПЕРЕКРЕСТНЫХ БАЛОК ПОДПОРНЫХ СТЕНОК ГИДРОТЕХНИЧЕСКОГО ЗАЩИТНОГО СООРУЖЕНИЯ

(представлено д-ром техн. наук Яковлевой Р.А.)

Предложена методика расчета на прочность и жесткость балок подпорной стенки защитного гидротехнического сооружения плоского перекрытия с прямоугольным контуром, на которое воздействует гидростатическое давление

Ключевые слова: гидростатическое давление, гидротехническое сооружение, подпорная стенка, каноническая система уравнений

Постановка задачи. Для предупреждения чрезвычайной ситуации связанной с повышением уровня рек, водоемов, подтоплением населенных пунктов, транспортных коммуникаций и применяются временные гидротехнические сооружения в виде подпорных стенок. Они должны препятствовать проникновению жидкости из одного пространства в другое. В связи с этим расчет их напряженно-деформированного состояния под действием гидростатического давления имеет важное практическое значение.

Анализ последних исследований и публикаций. Вопросы устойчивости при опрокидывании подпорных стенок авторами были изложены в работе [1]. Методы расчета на прочность подпорных стенок и гидравлических затворов изложены в работах [2-4]. Однако, разнообразие конструктивных форм подпорных стенок: пластины, оболочки, кирпичная кладка с поперечным сечением прямоугольной трапеции и т.д. требует индивидуального подхода к выбору расчетных схем.

Постановка задачи и ее решение. Предположим, что требуется рассчитать плоское перекрытие с прямоугольным контуром, состоящее из пластины и подкрепляющих балок. Нагрузка, воспринимаемая пластиной передается системе равноудаленных балок, называемыми балками главного направления. Эти балки поддерживаются опертой по концам перекрестной балкой АВ (рис.1а).

Гидростатическое давление, эпюра которого представлена на рис. 1б, воспринимаемое пластиной предполагается равномерно распределенным между балками главного направления.

Пусть h – глубина погружения верхней стороны контура, тогда $q_1 = \rho gh$, ρ – плотность жидкости, g – ускорение свободного падения, $q_2 = q_1 + \rho gl$

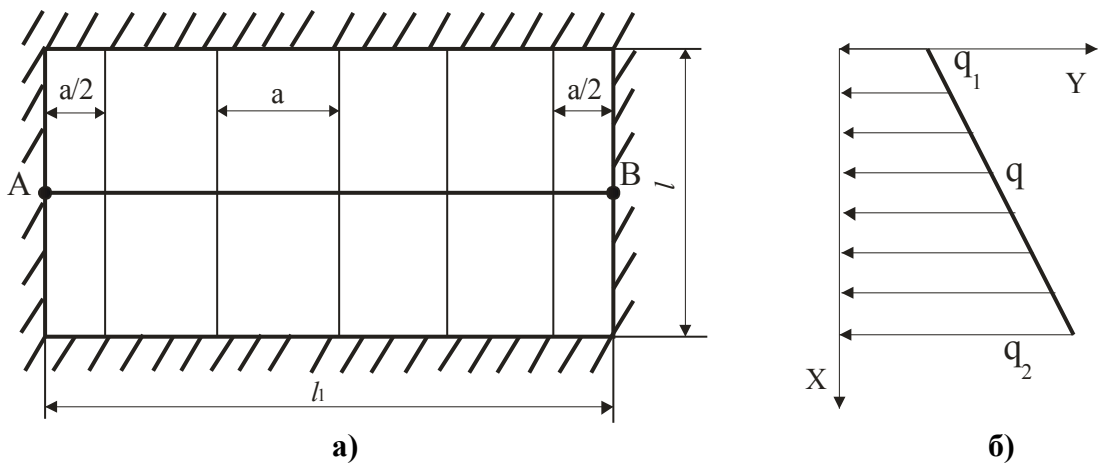


Рис. 1 – Плоское перекрытие с подкрепляющими балками под действием гидростатического давления

Пусть q обозначает приходящуюся на одну из этих балок сплошную нагрузку, передающуюся от пластины, а R – реакцию, оказываемую на рассматриваемую балку перекрестной балкой АВ. Прогиб этой балки главного направления в месте соприкосновения с перекрестной балкой может быть представлен такой формулой

$$y = \gamma q - \beta R$$

где γ и β постоянные коэффициенты, определяемые размером балок главного направления, законом распределения нагрузки q и местом расположения перекрестной балки. Если нагрузка распределена по линейному закону (рис. 1б), то

$$q = \frac{q_2 + q_1}{2} a, \tag{1}$$

а перекрестная балка расположена посередине балок главного направления, то будем иметь

$$\gamma = \frac{5}{384} \frac{l^3}{EJ}, \quad \beta = \frac{l^3}{48EJ}$$

Здесь через l обозначен пролет балок главного направления, а через EJ их жесткость на изгиб. Соответствующие величины для перекрестной балки обозначим через l_1 и EJ_1 .

Перекрестная балка изгибается силами R_i ($i=1, n$), где n число балок главного направления, приложенных в местах пересечения ее с балкой главного направления. Таким образом, представленная расчетная схема является n раз статически неопределимой.

Раскрытие статической неопределенности в этом случае наиболее удобно осуществить на основе метода сил, принимая R_i в качестве неизвестных, что приводит к следующей канонической системе уравнений

$$\begin{cases} (\delta_{11} + a_1)R_1 + \delta_{12}R_2 + \dots + \delta_{1n}R_n = f \\ \delta_{21}R_1 + (\delta_{22} + a_1)R_2 + \dots + \delta_{2n}R_n = f \\ \dots \\ \delta_{n1}R_1 + \delta_{n2}R_2 + \dots + (\delta_{nn} + a_1)R_n = f \end{cases}, \quad (2)$$

В этих выражениях приняты следующие обозначения: $\delta_{ij} = \delta_{ji}$ – симметричные коэффициенты влияния перекрестной балки, т.е. прогиб ее сечения в месте пересечения с j -ой балкой главного направления от единичной силы, приложенной в месте пересечения с i -ой балкой главного направления. $a_1 = \frac{l_1^3}{48EJ_1}$ –

прогиб балки главного направления в середине ее пролета от действия единичной силы, приложенной там же;

$f = \frac{5}{384} \frac{1}{2} \frac{(q_2 + q_1)}{EJ} \cdot a \cdot l^4$ – прогиб в середине пролета балки главного направления под действием воспринимаемого ею гидростатического давления (1).

Решения системы (2) определяет все неизвестные силы R_1, R_2, \dots, R_n взаимодействия между балками главного направления с перекрестной балкой в местах пересечения. После этого расчет на прочность и жесткость каждой из балок осуществляется независимо друг от друга известными методами строительной механики.

Отметим так же, что при симметричном расположении одинаковых балок главного направления число неизвестных четных n сокращается ровно вдвое, при нечетном – число неизвестных уменьшается до $(n+1)/2$, что существенно упрощает решение системы (2). Если изгибные жесткости $EJ = EJ_1$, то эти величины из всех уравнений системы (2) вовсе исключаются.

Необходимо подчеркнуть, что в результате решения канонической системы (2) в случае нечетного числа равноудаленных балок главного направления сила взаимодействия между центральной балкой главного направления и перекрестной балкой может оказаться отрицательной. Это свидетельствует о том, что перекрестная балка данной конструкции подпорной стенки обладает меньшей жесткостью на изгиб и вместо нагрузки которая должна подкреплять центральную балку оказывает на нее дополнительную к гидростатическому давлению нагрузку. В такой ситуации необходимо увеличить жесткость перекрестной балки до такой величины при которой указанная сила взаимодействия в решении (2) станет положительной.

Если жесткость на изгиб перекрестной балки значительно превосходит жесткость балок главного направления, то расчет на прочность и жесткость балок главного направления следует вести по схеме шарнирной трехопорной балки.

Выводы. В работе предложена схема расчета на прочность подпорных стенок с перекрестными балками, перекрывающих прямоугольный контур, с целью защиты от наводнений различных коммуникаций при повышении уровня воды в руслах рек и водохранилищ. Составлена каноническая система разрешающих уравнений на основе метода сил для определения усилий возникающих между балками главного направления и перекрестной балкой. При расчете подпорных стенок такого типа следует обратить внимание, что жесткость перекрестной балки может существенно влиять на характер силового взаимодействия такого гидротехнического сооружения.

ЛИТЕРАТУРА

1. К вопросу устойчивости подпорных стенок при опрокидывании под действием гидростатического давления: Матеріали VII міжвузівської науково-практичної конференції “Можливості

використання методів механіки в надзвичайних ситуаціях” (Харків, 12 грудня 2008 р.). / — Х.: НУЦЗУ 2008. — 19 с

2. Большаков В.А. Гидравлика./ Большаков В.А., Попов В.Н. - К., Вища школа, 1989, - 215 с..
3. Константинов Ю,М. Технічна механіка рідини і газу. / Константинов Ю,М. , Гіжа О.О. – К., Вища школа, 2002 р., - 277 с.
4. Латышенков А.М. Гидравлика / Латышенков А.М., Лобанов В.Г. – М, Высшая школа 1956 г. – 408 с.

Вамболь С.О., Халипа В.М.

Алгоритм розрахунку перетинних балок підірних стінок гідротехнічних захисних споруд

Запропонована схема розрахунку на міцність підірних стінок з перетинними балками, що перекривають прямокутний контур, з метою захисту від повеней різноманітних комунікацій при підвищенні рівня води рік та водосховищ. Складена канонічна система розв'язувальних рівнянь на основі метода сил для визначення зусиль взаємодії між балками головного напрямку і перетинної балки.

Ключові слова: гідростатичний тиск, гидротехнічна споруда, підпорна стінка, канонічна система рівнянь

Vambol S.A., Halypa V.M.

Algorithm of calculation of cross beams of retaining walls of a hydraulic engineering protective construction

The calculation scheme on durability of retaining walls with the cross beams, blocking a rectangular contour, for the purpose of protection against flooding of various communications at water level increase in channels of the rivers and water basins is offered. The initial system of the resolving equations on the basis of a method of forces for definition of efforts arising between beams of a mainstream and a cross beam is made.

Key words: hydrostatic pressure, hydraulic engineering a construction, a retaining wall, initial system of the equations