

МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

**СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ВНЕДРЕНИЯ  
ЕВРОПЕЙСКИХ СТАНДАРТОВ  
В ОБЛАСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА**

(г. Минск, БНТУ — 27-28.05.2014)

УДК 624.012

**ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА ИНЖЕНЕРНЫХ  
КОНСТРУКЦИЙ ИЗ ЖЕЛЕЗОБЕТОНА ДЛЯ СТУДЕНТОВ  
СПЕЦИАЛЬНОСТИ 1-70 04 03 «ВОДОСНАБЖЕНИЕ,  
ВОДООТВЕДЕНИЕ И ОХРАНА ВОДНЫХ РЕСУРСОВ»**

*ЗВЕРЕВ В.Ф., ДАНИЛЕНКО И.В., СМЕХ В.И.*

Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь

В процессе преподавания дисциплины «Строительные конструкции» студентам факультета энергетического строительства необходимо получить знания по проектированию технически и экономически обоснованных железобетонных и стальных конструкции зданий и сооружений, отвечающих требованиям прочности, жесткости, трещиностойкости, долговечности, эстетичности, ознакомить с основными тенденциями развития и перспективами применения железобетонных и стальных конструкций в промышленном и гражданском строительстве.

После изложения общего теоретического курса студентам данной специальности основное внимание уделяется расчету инженерных сооружений – подпорных стен, резервуаров, трубопроводов и т.д.

Одними из наиболее распространенных в строительстве инженерных сооружений являются подпорные стены, которые исполь-

зуются для ограждения откосов, котлованов и в виде специальных сооружений (рампы, склады сыпучих материалов).

Подпорные стены по конструктивным особенностям подразделяются на массивные, уголковые и гибкие. Уголковые подпорные стены наиболее рациональны при высотах до 6 метров и могут быть монолитными и сборными.

На практических занятиях студентам специальности 1-70 04 03 «Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов» выполняется расчет монолитной подпорной стены уголкового типа.

В начале расчета предварительно назначаются размеры подпорной стены в зависимости от общей высоты  $H$ .

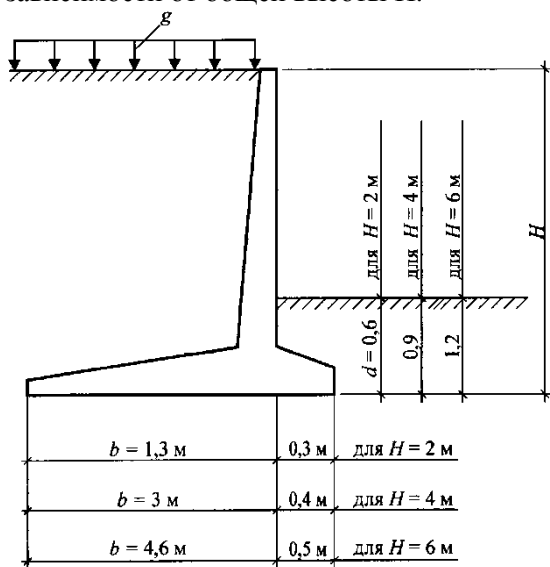


Рис. 1. Определение размеров уголковых подпорных стен

Далее определяются нагрузки, действующие на подпорную стену:

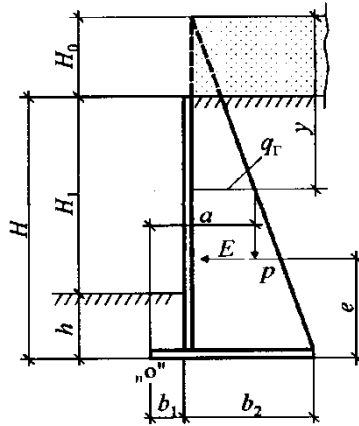


Рис. 2. Расчетная схема подпорной стены

$H$  – высота подпорной стены;

$H_0 = q/\gamma$  – высота приведенного слоя грунта (т.е. вертикальная полезная нагрузка  $q$  заменяется эквивалентным слоем грунта  $H_0$  и затем приводится к горизонтальной нагрузке  $E$ ;

$q$  – нормативное значение полезной нагрузки;

$q_\Gamma$  – горизонтальное давление грунта на глубине  $y$ ;

$\gamma$  – удельный вес грунта засыпки;

$E$  – равнодействующая бокового давления грунта на стенку при наличии на призме обрушения равномерно распределенной нагрузки  $q$

$$E = 0.5\gamma(H + H_0)^2\lambda \quad (1)$$

Для стен с вертикальной или близкой к вертикали задней стенкой:

$$\lambda = \operatorname{tg}^2\theta = \operatorname{tg}^2\left(45 - \frac{\varphi}{2}\right) \quad (2)$$

$$\theta = \left(45 - \frac{\varphi}{2}\right) \quad (3)$$

$\varphi$  – угол внутреннего трения грунта засыпки;

$\theta$  – угол призмы обрушения грунта к вертикали.

$P$  – вертикальная сила, включающая в себя вес стены и грунта на обрезах фундамента

$e$  – центр приложения равнодействующей бокового давления грунта;

$a$  – плечо приложения силы  $P$  относительно т. « $O$ »;

$h$  – высота заглубления стены в грунт, зависит от глубины сезонного промерзания грунта.

Давление грунта на подпорную стену определяется по теории Кулона – т.е. стена испытывает давление от призмы обрушения грунта за стеной, находящейся под углом  $\theta$  к вертикали.

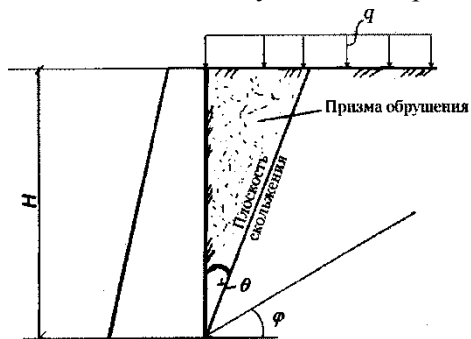


Рис. 3. Учет полезной нагрузки в расчете

$\varphi$  – угол внутреннего трения грунта засыпки.

Центр приложения равнодействующей бокового давления грунта находится на расстоянии  $e$  от низа стенки:

$$e = (H + H_0) / 3 \quad (4)$$

Силы  $E$  и  $P$  и реакция грунта изгибают консольные плиты стены, вызывая в них изгибающие моменты  $M_1$ ,  $M_2$  и  $M_3$  относительно точки "б" пересечения плит.

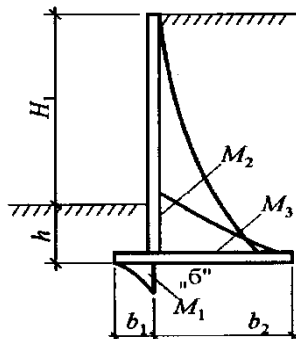


Рис. 4. Эпюры изгибающих моментов

Исходя из условия равновесия изгибающих моментов:

$$M_1 + M_2 - M_3 = 0 \quad (5)$$

$$M_2 = M_3 - M_1 \quad (6)$$

Для расчета по первой группе предельных состояний значения изгибающих моментов  $M_{sd}$  вычисляются по расчетным нагрузкам.

Для определения расчетных нагрузок коэффициенты безопасности по нагрузке определяются по СНБ 5.03.01–02 «Бетонные и железобетонные конструкции»:

- для постоянных нагрузок  $\gamma_F = 1,35$ ;
- для переменных нагрузок  $\gamma_F = 1,5$ .

Расчет ведется на 1 м п длины стены.

### Проверка подпорной стены на прочность:

В каждом расчетном сечении определяются изгибающие моменты от действия расчетной нагрузки и выполняется расчет по сечениям, нормальным к продольной оси, изгибаемого элемента прямоугольного сечения с шириной  $b = 1000$  мм и рабочей высотой  $d$ :

$$\alpha_m = \frac{M_{sd}}{\alpha \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d^2} \leq \alpha_{m,lim} \quad (7)$$

$$\xi = 1 - \sqrt{1 - 2\alpha_m} \quad (8)$$

$$\eta = 1 - 0,5 \cdot \xi \quad (9)$$

$$A_{s1} = \frac{M_{sd}}{f_{yd} \cdot d \cdot \eta} \quad (10)$$

$d$  – рабочая высота сечения (от сжатой грани бетонного сечения до центра тяжести рабочей арматуры);

$f_{cd}$  – расчетное сопротивление бетона;

$f_{yd}$  – расчетное сопротивление арматуры;

$\xi$  – относительная высота сжатой зоны.

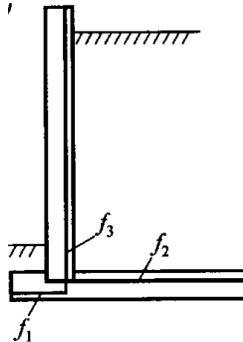


Рис. 5. Схема расположения рабочей арматуры

$f_1$  – площадь арматуры, рассчитанная на действие момента  $M_1$ ;

$f_2$  – площадь арматуры, рассчитанная на действие момента  $M_2$ ;

$f_3$  – площадь арматуры, рассчитанная на действие момента  $M_3$ .

По требуемой площади арматуры назначают диаметр и шаг рабочей арматуры. Армирование осуществляют в виде сварных сеток.

Пример армирования уголкового подпорной стены:

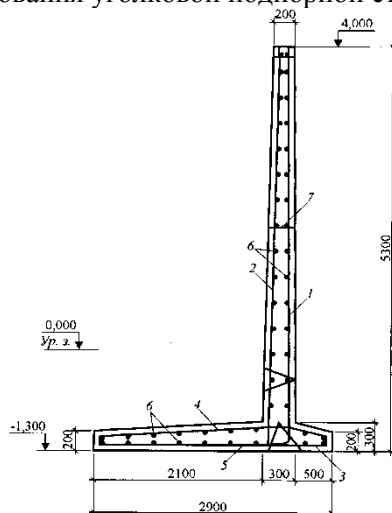


Рис. 6. Армирование подпорной стены

- 1 – противоусадочная арматура;
- 2 – рабочая арматура, установленная для восприятия момента  $M_3$ ;
- 3 – рабочая арматура, установленная для восприятия момента  $M_1$ ;
- 4 – рабочая арматура, установленная для восприятия момента  $M_2$ ;
- 5 – конструктивная арматура;
- 6 – конструктивная арматура;
- 7 – фиксирующая арматура.

## ЛИТЕРАТУРА

1. А.Н. Добромислов. Примеры расчета конструкций железобетонных инженерных сооружений. Справочное пособие: – М.: Издательство ассоциации строительных вузов, 2010. – с. 7–12.

2. СНБ 5.03.01-02 Бетонные и железобетонные конструкции /Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, Минск, 2003 г.