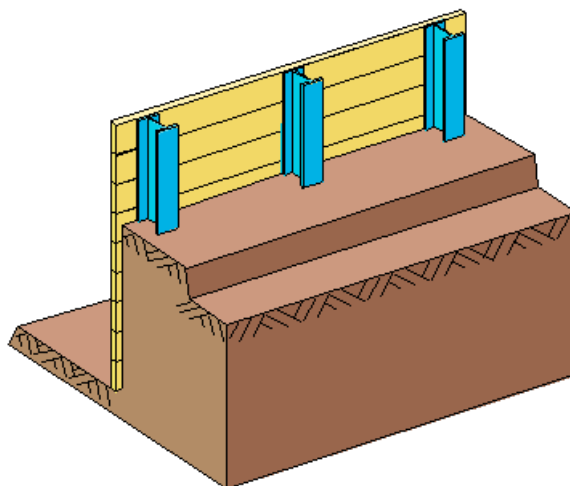


570 – Шпунтовая стенка

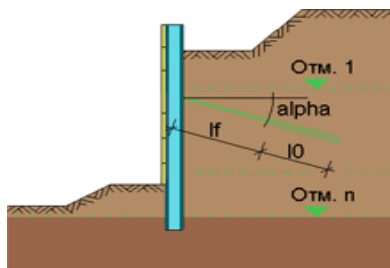


Программа предназначена для проектирования и расчёта шпунтовой стенки свободно защемленной или заделанной в грунте с возможностью установки анкеров.

В качестве нагрузок, кроме давления грунта, могут быть заданы различные нагрузки на поверхность грунта и на саму стенку. Рассчитывается глубина заделки стенки в грунте, а параметры анкеров могут быть заданы пользователем, либо рассчитаны программой. Стенка может быть как сплошной (железобетонной или набранной из шпунтовых профилей), так и с несущими элементами в виде свай (железобетонных или стальных). В железобетонных элементах рассчитывается требуемая арматура согласно СНиП 2.03.01-84* “Бетонные и железобетонные конструкции” [1], либо по СП 52-101-03 “Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры” [2], либо по СНБ 5.03.01-02 “Бетонные и железобетонные конструкции” [3] и подбираются диаметр и шаг расположения прутков.

1. Расчетная схема

Программа рассчитывает и проектирует шпунтовую стенку с максимум 5 анкерами и условиями свободного опирания или полного защемления стенки в грунте. Рельеф поверхности грунта можно определить при помощи максимум 10 точек. Угол наклона поверхности грунта может варьироваться от -90° до $+90^\circ$. Можно задать откос у основания стенки в котловане. Грунт может быть задан горизонтальными слоями (возможен учет до 10 слоев). Они могут располагаться произвольно по высоте. На высоте заданного уровня грунтовых вод производится автоматическое деление соответствующих слоев. Программа рассматривает систему до максимальной глубины, которая по умолчанию составляет глубину котлована, умноженную на 2.5. Пользователь может самостоятельно увеличить данную область. Слои, расположенные глубже, обрезаются, или нижняя граница последнего слоя удлиняется до данной предельной глубины.



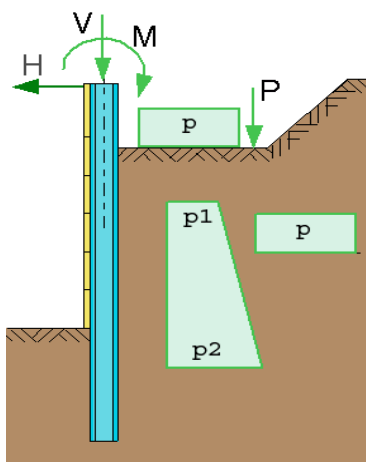
Система и входные данные имеют принципиально следующую ориентацию:

- слева от стенки расположен котлован,
- справа от стенки расположена поверхность примыкающей местности.

2. Нагружение

В качестве нагрузки задается расчетное сочетание усилий (PCY) на грунт и стенку. При этом можно задавать:

- блочные (равномерно распределенные на участке) нагрузки на поверхность справа от стенки;
- ленточные нагрузки на поверхность справа от стенки;
- сосредоточенные нагрузки (H , V , M), приложенные к верхней части стенки;
- нагрузки от фундамента (заглубленные блочные нагрузки);
- дополнительные произвольные распределенные нагрузки на стенку.



Давление грунта на стенку может быть задано как активное давление в предельном состоянии, или как давление покоя, либо промежуточное значение.

3. Расчет давления грунта

3.1 Определение давления грунта по методу Кульмана

3.1.1 Общие положения по использованию метода Кульмана

Расчет давления грунта происходит по так называемому расширенному методу Кульмана. Используется метод Кульмана с плоской поверхностью скольжения. Для многослойных грунтов, при использовании общей поверхности скольжения, для искомого определяющего давления грунта применяется приближенное решение, содержащее необходимую для практических целей точность обычных статических расчетов грунта. Необходимо учитывать границы применения метода с плоской поверхностью скольжения для расчета сопротивления грунта. Для шпунтовых стенок они составляют: при отрицательном угле трения о стенку $-2/3 \cdot \varphi \leq \delta_p \leq 0$, $\varphi \leq 35^\circ$ и $\beta \leq 0^\circ$, при положительном угле трения о стенку $+\varphi \geq \delta_p \geq 0^\circ$ следует использовать исключительно $\beta \geq 0^\circ$.

При мягких связных слоях всегда следует устанавливать $\delta_p = 0$.

3.1.2 Расчет давления грунта

Программа, варьируя угол поверхности скольжения, определяет для каждого слоя грунта общее давление грунта в центре области и на границах. Эти значения содержат части от собственного веса грунта (включая сцепление) и от внешних нагрузок. В выводе, помимо соответствующего угла наклона поверхности скольжения, эти части представлены отдельно. Для сопротивления грунта рассчитанные значения общего давления грунта уже делятся на соответствующий коэффициент безопасности.

При варьировании углов поверхности скольжения, исследуются все вынужденные поверхности скольжения, возникающие от углов рельефа местности и полосовых нагрузок (начальные и конечные точки нагрузок). Таким образом, мы получаем непрерывные частичные фрагменты линии давления грунта Кульмана, которые можно использовать далее. Данный подход позволяет надежно вычислить определяющее значение общего давления грунта. Таким образом, распределение общего давления грунта характеризуется в каждой области тремя значениями. Путем дифференцирования мы получаем эпюру давления грунта. Внутри каждой области слоя данная эпюра является линейной. Если необходимо получить более подробную эпюру давления грунта, то это можно сделать путем деления толщи на несколько слоев, имеющих идентичные характеристики грунта.

4. Расчет усилий в сечениях стенки

4.1 Методы расчета

В основе расчета усилий в сечениях лежат методы Якоби и Блюма. До воображаемой опоры в грунте на стенку действует результирующее давление грунта. В случае «полного защемления» стенки в грунте возникает опорная реакция грунта, эквивалентная сила C . Чтобы эта эквивалентная сила C возникла, стену следует продлить за пределы воображаемой опоры.

Для расчета усилий в сечениях используется метод начальных параметров. Величины внутренних силовых факторов выводятся на границах слоев, в точках крепления анкеров, в воображаемой опоре и на высоте прочих изменений эпюры давления грунта. Дополнительно выводятся максимальные значения.

4.2 Определение положения воображаемой опоры

Положение воображаемой опоры связано с определенными краевыми условиями в ней: «полное защемление» или «свободное опирание». Теоретически требуемая длина стенки определяется так, чтобы выполнялось принятое условие опирания. В некоторых случаях для этого требуются итерации, выполняемые программой.

4.3 Определение дополнительной глубины заделки

Полученная в результате расчета реакция воображаемой опоры C представляет собой в действительности силу, распределенную по поверхности стенки. Чтобы она возникла, стенку следует продлить за пределы воображаемой опоры, то есть имеющееся в области защемления сопротивление грунта должно иметь величину силы C . Программа определяет сопротивление грунта справа от стены по методу Кульмана. Из распределения и величины сопротивления грунта, использованного с коэффициентом безопасности, и полученной из расчета усилий в сечениях величины силы C рассчитывается дополнительная глубина заделки. Данный подход соответствует формуле Лакнера.

4.4 Вычисление требуемой длины профиля

Для каждого типа опирания определяется и выводится требуемая длина профиля. При этом отдельные части распределяются следующим образом:

$$\text{треб. } L = H + u + x + dx$$

где:	H :	верхняя часть стены до котлована
	u :	от дна котлована до нулевой точки нагрузки
	x :	от нулевой точки нагрузки до воображаемой опоры
	dx :	дополнительная глубина заделки

5. Проектирование несущих элементов стенки

5.1 Несущие элементы стенки из стали

В качестве стальных несущих элементов стенки могут быть выбраны либо стальные сваи, расположенные на некотором расстоянии друг от друга, либо стенка может быть выполнена из сцепленных между собой специальных шпунтовых профилей. В первом случае, для свай могут быть использованы двутавры по ГОСТ 8239-89, ГОСТ 26020-83, СТО АСЧМ 20-93 или трубы по ГОСТ 8732-78*, ГОСТ 10704-91. Могут также быть выбраны профили других типов и марок из поставляемой базы профилей, либо характеристики профиля могут быть заданы в программе отдельно. В качестве шпунтовых профилей в программе предусмотрены профили ШП-1, ШК-1 - ГОСТ 4781-85 и шпунты Ларсена Л-4, Л-5, Л-7, Л-5У - ТУ 14-102-147-93.

Проверка прочности производится на достижение нормальными, касательными или эквивалентными напряжениями соответствующего расчетного сопротивления по пределу текучести.

5.2 Несущие элементы стенки из железобетона

В качестве железобетонных несущих элементов могут быть выбраны прямоугольные или квадратные сваи, либо сплошная стенка. Для железобетонных элементов производится расчет арматуры с учетом требований трещиностойкости по СНиП 2.03.01-84*, СНиП 52-01-03 или СНБ 5.03.01-02. Для рассчитанной арматуры выполняется подбор диаметра и шага расположения прутков.

6. Дополнительные расчеты и проверки

Дополнительно проводится расчет длины анкерной тяги, если она не задана, и проверка устойчивости заанкеренной части грунта на глубинный сдвиг при поступательном движении грунта и стенки. Кроме того, проводится проверка устойчивости стенки и массива грунта на сдвиг по круглоцилиндрической поверхности скольжения.

7. Пояснительные чертежи

Для наглядного изображения исходных данных и результатов расчета, программа выводит четыре пояснительных чертежа.

Предусмотрена возможность отключения одного или всех чертежей.

7.1 Чертеж расчетной схемы

Изображается заданная поверхность грунта, подошва котлована с откосом (если имеется), все необходимые для расчета слои грунта, уровень грунтовых вод, а также положение и наклон анкеров.

7.2 Чертеж нагрузок

Изображаются заданные нагрузки.

7.3 Чертеж давления грунта

Изображается пассивная и активная составляющие давления грунта. На чертеже видны и отдельные части давления грунта (e_{agh} , e_{arh} , e_{awh} и e_{rgh}), из которых состоит результирующее давление.

7.4 Чертеж усилий в сечении

Для каждого типа заделки стенки в грунте изображается прогиб w , эпюры моментов и поперечных сил.

Литература

1. СНиП 2.03.01-84*. Бетонные и железобетонные конструкции/Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1989. – 80 с.
2. СП 52-101-03. Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры / Госстрой России. – М., 2003.
3. СНБ 5.03.01-02. Бетонные и железобетонные конструкции / Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь. – Минск, 2003. – 139 с.
3. Изменение №1 СНБ 5.03.01-02. Бетонные и железобетонные конструкции / Минстройархитектуры Республики Беларусь. – Минск: 2004. – 22 с.