

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
профессионального образования  
«Санкт-Петербургский государственный политехнический университет»**

Научно-исследовательская работа:

**«Методика выбора подпорных стен»**

Авторы:

Рысь И.В.  
Петрова А.Е.

Санкт-Петербург  
2012 г.

### МЕТОДИКА ВЫБОРА ПОДПОРНЫХ СТЕН.

Подпорной стеной называется сооружение, удерживающее грунт от обрушения в откосах насыпей и выемок. Подпорные стены находят широкое применение в промышленном, гражданском, дорожном, железнодорожном и гидротехническом строительстве, а также в горном деле и фортификации.

Классификация подпорных стен может быть проведена по различным признакам:

1. **По назначению** исчерпывающая классификация затруднительна, так как в настоящее время подпорные стены находят чрезвычайно большое и разнообразное применение в строительстве. Однако можно разделить подпорные стены на стены, поддерживающие насыпи, и стены, ограждающие выемки.
2. **По характеру работы** нужно различать подпорные стены, отдельно стоящие и связанные с примыкающими сооружениями. Кроме того, следует различать подпорные стены, не подвергающиеся давлению воды, и гидротехнические.
3. **По высоте** подпорные стены подразделяют на низкие – высотой до 10м, средние от 10 до 20м и высокие – высотой более 20м.
4. **По материалу** подпорные стены могут быть железобетонными, бетонным, бутобетонными, бутовыми, кирпичными, деревянными или металлическими.
5. **По принципу работы различают:**
  - a. Массивные – устойчивость обеспечивается в основном их собственным весом и материал испытывает преимущественно сжимающие напряжения.
  - b. Полумассивные – устойчивость обеспечивается как собственным весом стены, так и весом грунта, лежащего на фундаментной плите. Такие стены обычно представляют собой конструкцию из армированного бетона.
  - c. Тонкоэлементные – обычно состоят из связанных друг с другом железобетонных плит. Устойчивость стен этого типа обеспечивается в основном весом грунта над фундаментной плитой.
  - d. Тонкие – защемлённые в основание подпорные стены. Для уменьшения глубины заложения таких стенок, а также для повышения их жёсткости применяются анкеры.

Массивные, полумассивные и тонкоэлементные подпорные стены можно отнести к категории гравитационных.

6. В зависимости от наклона задней грани можно разделить подпорные стены на:
  - a. крутые;
  - b. пологие;
  - c. лежащие.
7. По способу возведения различают монолитные и сборные стены.

Выбор материала подпорной стены и её фундамента должен быть сделан с учётом многих факторов и требований, среди которых основными являются: высота стены, требуемые долговечность, водонепроницаемость, сейсмостойкость и стойкость против химической агрессии, качество основания, наличие местных строительных материалов,

условия производства работ, средства механизации и условия сопряжения с другими сооружениями.

Задача расчёта подпорной стены состоит в том, чтобы ни одно из предельных состояний не наступало в течение всего периода её эксплуатации. При этом высота подпорной стены, её материал, тип и форма профиля предполагаются предварительно выбранными в зависимости от местных условий, описанных выше.

Расчёты производятся на:

- a. устойчивость положения самой подпорной стены против сдвига по поверхности основания и против опрокидывания;
- b. прочность грунта основания;
- c. прочность самой конструкции подпорной стены;
- d. деформацию грунта основания;
- e. трещиностойкость элементов конструкции.

Расчёты на устойчивость и прочность производятся при действии расчётных нагрузок, а расчёты на деформацию – по нормативным нагрузкам. Расчёт на трещиностойкость производится по нормативным или расчётным нагрузкам в зависимости от характера влияния трещин на условия эксплуатации подпорной стены.

Во всех случаях расчёты ведутся на наиболее невыгодное сочетание нагрузок и должны охватывать различные периоды работы стены – эксплуатационный, строительный, ремонтный и др.

Ход расчёта может быть прямым и обратным.

Прямой ход расчёта состоит в том, что по найденным предварительно нагрузкам находят минимальные требуемые размеры профиля, в частности ширину подошвы. Однако этот путь до сих пор оказывался в большинстве случаев затруднительным, так как для применяемых на практике профилей, отличающихся от простейших геометрических фигур, формулы для требуемой ширины профиля получались слишком громоздкими.

Обратный ход расчёта заключается в предварительном назначении размеров профиля с последующими его проверками. Трудность в данном случае состоит именно в предварительном назначении размеров профиля исходя из целого ряда предъявленных к нему требований.

Иногда применяется комбинированный ход расчёта, при котором для предварительного назначения ширины профиля применяются приближенные формулы или составленные по ним графики, с последующими окончательными проверками, в ходе которых могут быть выявлены те или иные сравнительно небольшие изменения размеров профиля.

Постановка задачи.

Исходные данные: перепад высот 9м, нагрузки от транспорта ГОСТ Р52748-2007, 2 полосы.



Рис. 1. Грунтовые условия.

Модель.

В качестве подпорной стены для данных условия было принято использовать массивную железобетонную стену, свободная поверхность грунта считается горизонтальной, а задняя грань принята идеально гладкой, что значительно упрощает ход расчёта, а так же даёт дополнительный запас по прочности.

Одной из основных нагрузок, действующий на подпорную стену и определяющей размеры её профиля, является давление грунта.

Расчёт активной силы давления грунта.

Расчёт ведётся по следующим формулам:

$$q_0 = p\lambda_1 \quad (1)$$

$$q_i = (p + \gamma_1 h_1 + \dots + \gamma_i h_i)\lambda_i \quad (2)$$

$$q_i' = (p + \gamma_1 h_1 + \dots + \gamma_i h_i)\lambda_{i+1} \quad (3)$$

$p$  - нормативная нагрузка;

$\gamma$  - плотность грунта т/м<sup>3</sup>;

$h$  - толщина слоя грунта;

$\lambda$  - коэффициент активного давления грунта.

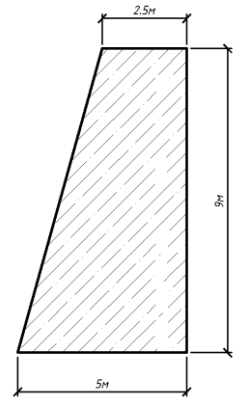


Рис.2. Рассчитываемая подпорная стена.

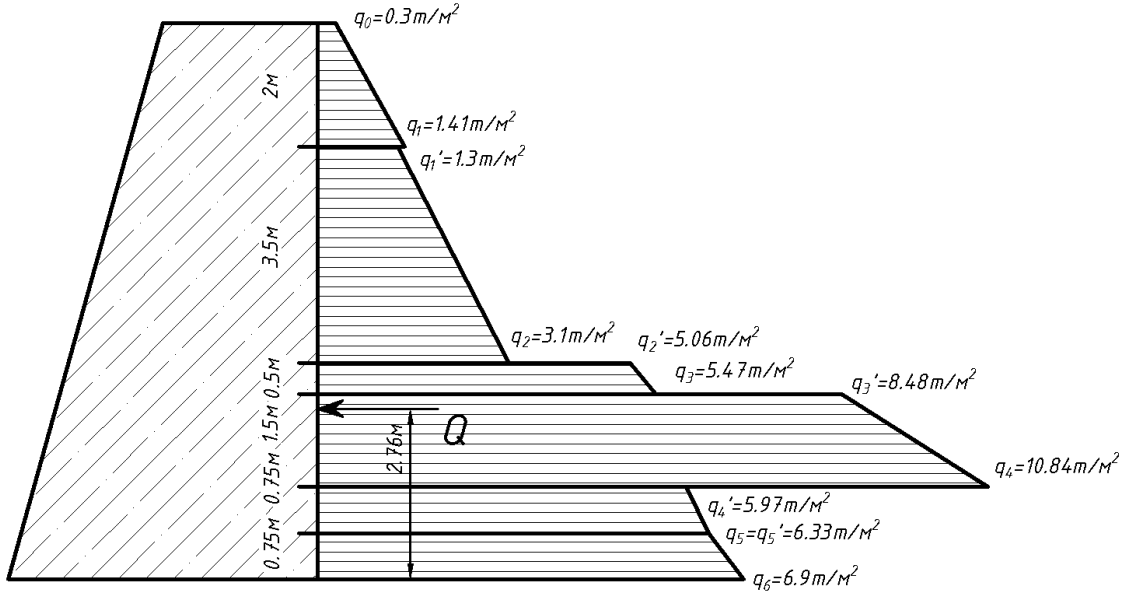


Рис.3 Эпюра давления грунта.

$$Q_i = \frac{q_{i-1}' + q_i}{2} h_i \quad (4)$$

$$Q = \Sigma Q_i = 36.37 \frac{m}{m} \quad (5)$$

Расчёт устойчивости против плоского сдвига производим методом единого коэффициента запаса:

$$k_c = \frac{T_v}{T_c} = f * \frac{G}{Q} \quad (6)$$

$$k_c = \frac{0.3 * 84.375}{36.37} = 1.39 \quad (7)$$

$k_c$  – коэффициент запаса;

$f$  – коэффициент трения;

$G$  – собственный вес стены.

### Минимальные значения коэффициентов запаса устойчивости

Расчетные сочетания нагрузок и воздействий	Допускаемый коэффициент запаса устойчивости			
	I	II	III	IV
Основные . . . . .	1,3	1,2	1,15	1,1
Особые . . . . .	1,1	1,1	1,05	1,05

Рис.4. Минимальные значения коэффициентов запаса устойчивости.

Расчёт устойчивости против опрокидывания производим методом единого коэффициента запаса:

$$k_o = \frac{M_x}{M_o} = \frac{a*G}{z*Q} \quad (8)$$

$$k_o = \frac{3.056*84.375}{2.76*36.37} = 2.57 \quad (9)$$

$$k_{req} = 1.5 \quad (10)$$

Как видно из расчётов подобранная стена удовлетворяет строительным правилам и требованиям, диктуемым данными условиями. Таким образом, метод обратной задачи является наиболее удобным для нахождения рационального типа стены и её параметров.

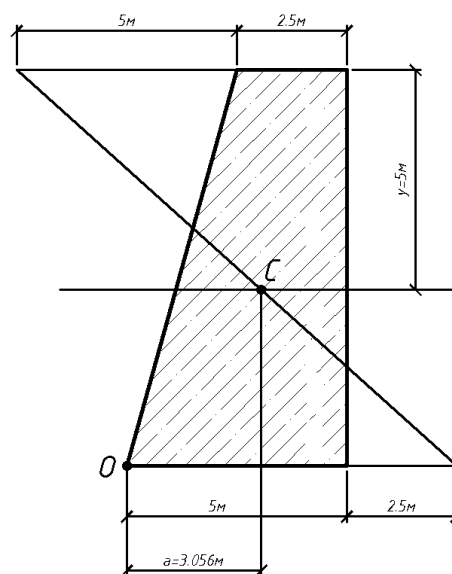


Рис.5. Нахождение центра тяжести трапеции.

### ЛИТЕРАТУРА:

1. ВСН 167-70. «Технические указания по проектированию подпорных стен для транспортного строительства», 1970г.
2. Г.К. Клейн. «Расчёт подпорных стен», 1964г.
3. ГОСТ Р 52748-2007. «Дороги автомобильные общего пользования. Нормативные нагрузки, расчётные схемы нагружения и габариты, приближения», 2008г.