

Программа "ПоСт"

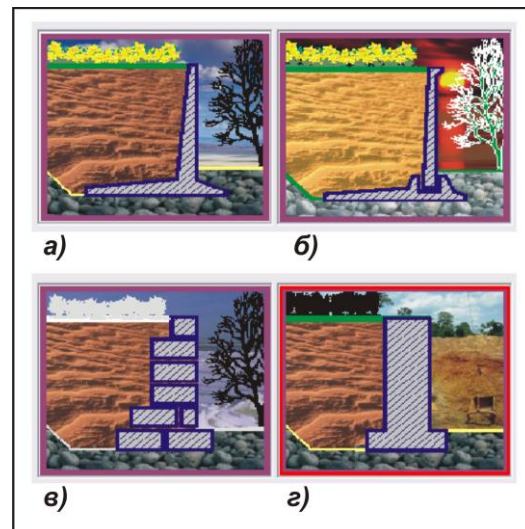
предназначена для выполнения расчета тонкостенных и массивных подпорных стен с учетом требований ТКП 45-5.01-67-2007 "Фундаменты плитные", ТКП 45-5.01-237-2011 "Основания и фундаменты зданий и сооружений. Подпорные стены и крепления котлованов" и Справочного пособия к СНиП "Проектирование подпорных стен и стен подвалов".

Подпорные стены рассчитываются по двум группам предельных состояний:

– по первой группе (по несущей способности) выполняются расчеты устойчивости подпорной стены против сдвига, прочности грунтового основания под подошвой стены, прочности элементов конструкций и узлов соединения;

– по второй группе (по пригодности к эксплуатации) выполняют расчеты оснований по деформациям.

Расчеты выполняются на 1 м длины стены исходя при расчете давления грунта на стену из двух отдельных вариантов: давление покоя грунта при ограничении смещения стены и активное давление грунта при отсутствии ограничения смещения.



Типы подпорных стен:

а) тонкостенная консольная монолитная подпорная стена без зуба и с зубом у грани подошвы или под лицевой плитой:

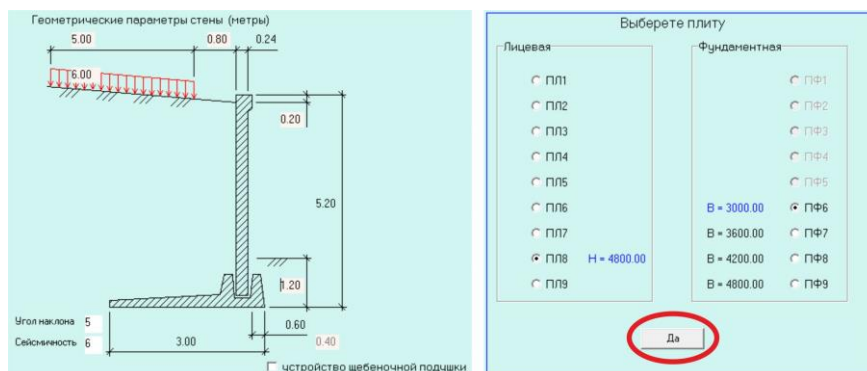


Высота зуба ограничена диапазоном $[0.10 - h/5]$ м, где h – высота подпорной стены.

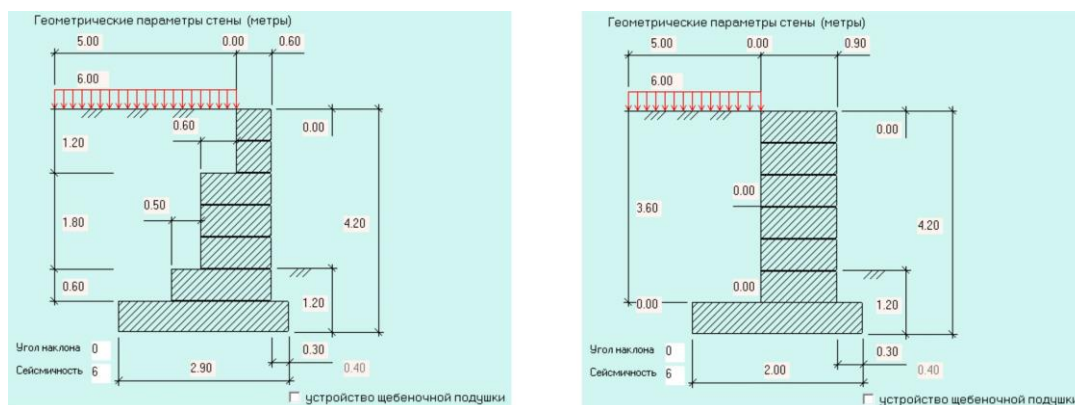
Максимальная длина консольного выступа фундаментной плиты равна 0,40 ее ширины.

б) тонкостенная консольная сборная подпорная стена с щелевым пазом (лицевая и фундаментная плиты):

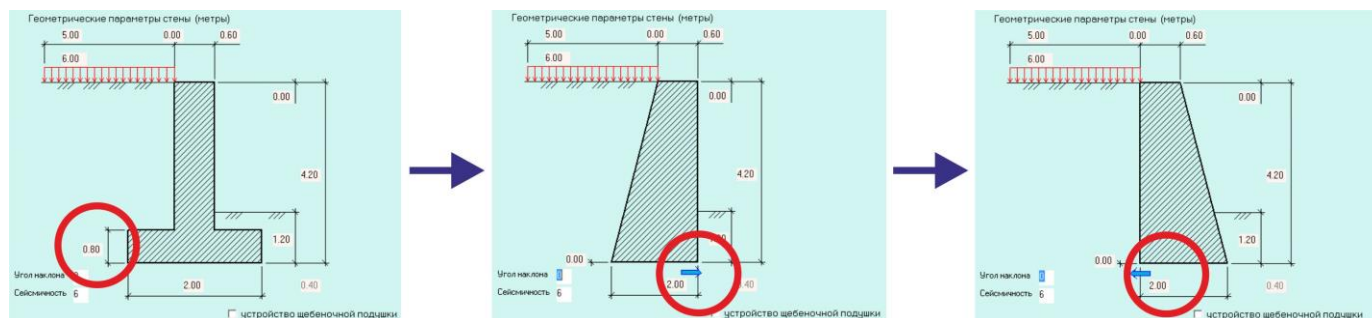
Для продолжения редактирования исходных данных и выполнения расчета необходимо выбрать лицевую плиту согласно высоте подпорной стены и одну из предлагаемых фундаментных плит нажав «Да»;



в) массивная подпорная стена из готовых бетонных блоков. При задании ширины ступени "0.60" и "0.50" значения "0.00" трехступенчатая стена преобразуется в однуступенчатую:



г) массивная монолитная бетонная подпорная стена. В данном случае при задании высоты ступени "0.40" значения "0.00" подпорная стена принимает вид трапеции:



Расчетный модуль разработан на основании следующих нормативных документов:

- **ТКП 45-5.01-67-2007** Фундаменты плитные. Правила проектирования. Минск, Минстройархитектуры РБ, 2008;
- **ТКП 45-5.01-237-2011** Основания и фундаменты зданий и сооружений. Подпорные стены и крепления котлованов. Правила проектирования и устройства. Минстройархитектуры, РБ, Минск 2011;
- **Справочное пособие к СНиП "Проектирование подпорных стен и стен подвалов"** М.: Стройиздат, 1990;
- **Статическое и динамическое давление грунтов и расчет подпорных стенок**, Снитко Н.К., Госстройиздат, Ленинград, 1963;
- **Справочник проектировщика "Проектирование тепловых сетей"**, Николаев А.А., всесоюзный государственный ордена Ленина проектный институт ТЕПЛОЭНЕРГОПРОЕКТ, издательство литературы по строительству, Москва, 1965
- **Механика грунтов, основания и фундаменты**, Далматов Б.И., Ленинград, Стройиздат, 1988

Необходимые данные, характеристики бетона и материала стены,
используемые в расчетах, находятся в файлах:

- "RtbPS.dat" - расчетные сопротивления R кладки для массивной подпорной стены из камней;
- "MATERIAL.txt" - объемный вес материала стены и модуль упругости бетона (*естественного твердения и при тепловой обработке*); коэффициенты постели C_z , кН/м^3 грунтов согласно ТКП 45-5.01-256-2012, стр.73;
- "PCM.txt" - номенклатура подпорных стен по серии 3.002.1-2, *описание см. ниже.*

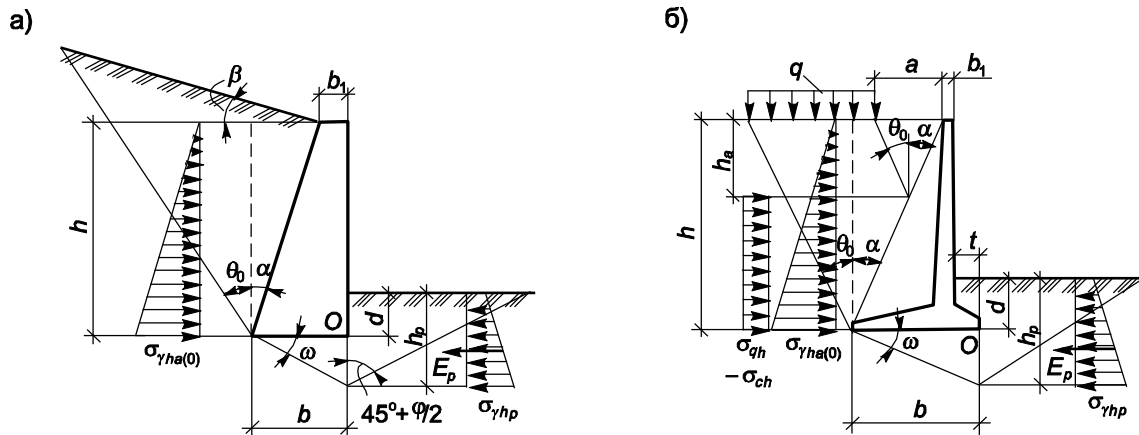
E_b бетона - см. таблицу 18 СНиП 2.03.01-84 "Бетонные и железобетонные конструкции";

E_b бетона - см. таблицу 6.2 СНБ 5.03.01-02 "Бетонные и железобетонные конструкции";

R кладки	- см. таблицу 4 СНиП II-22-81 "Каменные и армокаменные конструкции", расчетные сопротивления R сжатию кладки берутся при марках раствора 50 и 75;
R_{tb}	- см. таблицу 11 СНиП II-22-81 "Каменные и армокаменные конструкции";
R_{sq}	- см. таблицу 10 СНиП II-22-81 "Каменные и армокаменные конструкции" по неперевязанному сечению (см. пункт 4.20, стр.19);
R_b, R_{bt}	- см. таблицу 13 СНиП 2.03.01-84 "Бетонные и железобетонные конструкции"
f_{ck}, f_{ctk}, f_{ctm}	- см. таблицу 6.1 СНБ 5.03.01-02 "Бетонные и железобетонные конструкции";
R_s, R_{sw}, R_{sc}	- см. таблицу 22 СНиП 2.03.01-84 "Бетонные и железобетонные конструкции";
f_{yd}, f_{ywd}	- см. таблицу 6.5 СНБ 5.03.01-02 "Бетонные и железобетонные конструкции";
γ_{b2}, γ_{b3}, γ_{b9}	- см. таблицу 15 СНиП 2.03.01-84 "Бетонные и железобетонные конструкции";
σ_{sc,u}	- см. стр.31 СНиП 2.03.01-84 "Бетонные и железобетонные конструкции", предельное напряжение в арматуре сжатой зоны;
σ_{sc,u}	- см. стр.36 СНБ 5.03.01-02 "Бетонные и железобетонные конструкции"

Расчётные схемы подпорных стен с горизонтальными подошвами:

а — массивных;
б — тонкостенных уголкового



Давление связанного грунта на стену подвала в случае горизонтальной поверхности земли, $K_\beta=1$, и с ее пригрузкой интенсивностью q при $\sigma_q > \sigma_c$ составляют:

$$\begin{aligned}
 & \text{— для активного состояния } \sigma_{ah}, \text{ кПа} & \sigma_{ah} = (\gamma h + q) K_a K_\beta - 2c\sqrt{K_a} \\
 & \text{— для пассивного состояния } \sigma_{ph}, \text{ кПа} & \sigma_{ph} = (\gamma h + q) K_p K_\beta + 2c\sqrt{K_p} \\
 & \text{— для состояния покоя } \sigma_{0h}, \text{ кПа} & \sigma_{0h} = (\gamma h + q) K_0 K_\beta + 2c\sqrt{K_0} \text{ (тут конечно же "--"), где} \\
 & & K_a = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right); \quad K_p = \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right); \quad K_0 = 1 - \sin \varphi; \quad K_\beta = 1 + \tan \beta.
 \end{aligned}$$

При $\sigma_q < \sigma_c$ боковое давление за счет связности грунта засыпки будет отсутствовать на глубине h_c^* от поверхности и в связи с малым значением этого параметра для активного состояния, боковое давление по всей глубине грунтовой засыпки рассчитывается только от ее собственного веса — σ_γ . При $\sigma_q > \sigma_c$ в расчет передается интенсивность бокового давления на стену равная $(\sigma_q - \sigma_c)$, кПа.

Значения характеристик грунта засыпки, уплотненных с коэффициентом уплотнения k_y не менее 0,95 от их плотности в природном сложении, допускается устанавливать по свойствам этих же грунтов в природном залегании. Соотношения между характеристиками грунта засыпки и природного сложения приняты следующими: $\gamma'_1 = 0,95\gamma_1$; $\varphi'_1 = 0,9\varphi_1$; $c'_1 = 0,5c_1$, но не более 7 МПа. При глубине заложения 3 м и менее предельное значение удельного сцепления грунта засыпки c'_1 принято не более 5 кПа, а c''_1 — не более 7 кПа. Для сооружений с глубиной заложения менее 1,5 м значение c'_1 принято равным нулю, соответственно и c''_1 равно нулю.

Коэффициент безопасности по бетону γ_c , принят равным для железобетонных конструкций — 1,5; при расчете по предельным состояниям второй группы — 1,0.

Бетон монолитных конструкций принят тяжелый, а для блоков — тяжелый, подвергнутый тепловой обработке.

Для расчета задаются: нагрузка q — нормативная на поверхности или от подвижного транспорта, характеристики грунтов — расчетные по первой группе предельных состояний. Для использования в расчетах нормативных величин данных, идет их деление на коэффициенты надежности по грунту:

- в расчетах основания по деформациям — 1;
- по несущей способности: на 1.5 (для удельного сцепления, c); 1.1 (для угла внутреннего трения песков) и 1.15 (глинистых грунтов).

Коэффициент надежности по нагрузке принят:

- для собственного веса конструкций — 1.1;
- для веса грунта в засыпке — 1.15;
- для веса грунта в природном залегании — 1.1;
- для равномерно распределенной нагрузки на территории — 1.2.

Весовая плотность бетонных конструкций (объемный вес) задается в "MATERIAL.txt" и первоначально задана 20 кН/м³ (нормативная). Расчет учитывает собственный вес конструкции и грунта на обрезах подпорной стены.

Расчет устойчивости подпорной стены на опрокидывание относительно точки у передней грани подошвы определяется из условия $M_{ud} / M_{op} \geq k_n$. В результате осадки подпорной стены действительная ось опрокидывания смещается внутрь подошвы от наружной грани подошвы на

расстояние $a_z = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{12Gz_0}{Cb}}$, где G — вес стены; z_0 — расстояние от центра тяжести стены до низа подошвы; C — коэффициент постели; b — длина стены.

Под подошвой фундамента подпорной стены есть возможность предусмотреть **щебеночную подушку** толщиной 0,1 – 0,6 м и шириной на 0,3 м больше ширины подошвы в каждую сторону. Щебеночная подушка со следующими характеристиками: $\varphi_I = \varphi_{II} = 40^\circ$; $c_I = c_{II} = 0$; $\gamma_I = 21$ кН/м³. При расчете устойчивости положения подпорной стены против сдвига $\varphi_I = 30^\circ$.

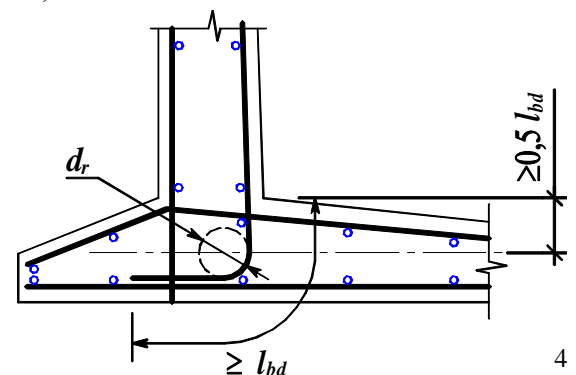
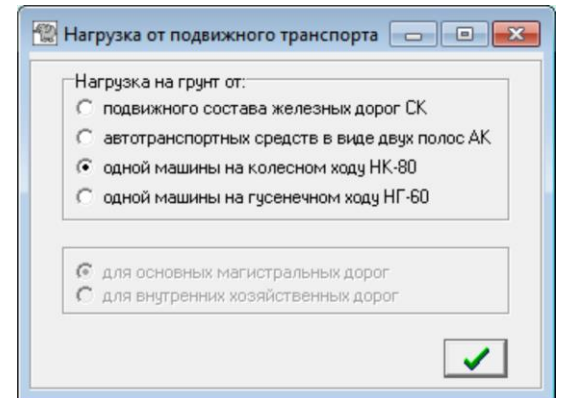
При формировании отчета результат расчета на опрокидывание производится для двух случаев: без учета смещения оси опрокидывания и с учетом ее смещения. При конструировании тонкостенной монолитной подпорной стены возможна анкеровка ненапрягаемой растянутой и сжатой арматуры. Рассчитывается базовая длина анкеровки для принятого диаметра стержня.

Расчетная длина анкеровки вычисляется по формуле
$$l_{bd} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot l_b \cdot \frac{A_{s,req}}{A_{s,prov}} \geq l_{b,min}$$

и должна быть не менее $l_{b,min}$, которая принимается:

- для растянутых стержней $l_{b,min} > \max\{0,6l_b; 15\varnothing; 100\text{ мм}\}$
- для сжатых стержней $l_{b,min} > \max\{0,3l_b; 15\varnothing; 100\text{ мм}\}$.

Если при заданных размерах лицевой, фундаментной плит и зуба подпорной стены размещается минимальная расчетная длина анкеровки, то на чертеже она отображается без отгиба и на всю возможную длину. При не возможности размещения минимальной расчетной длины анкеровки арматура конструируется с отгибами на



расчетную длину анкеровки (если она больше $l_{b,min}$) с учетом радиусов отгиба:

для S240: $d_r = 2,5\varnothing$ при $\varnothing \leq 20$ мм; $d_r = 3,0\varnothing$ при $\varnothing > 20$ мм

для S500: $d_r = 4,0\varnothing$ при $\varnothing \leq 20$ мм; $d_r = 5,0\varnothing$ при $\varnothing > 20$ мм.

При этом длина прямого участка анкеровки не должна быть меньше $0,5l_{bd}$. При не выполнении данного условия необходимо увеличивать толщину фундаментной плиты.

Диаметры арматуры 18 и 22 из сортамента не удалил
(по просьбе пользователей; $\varnothing 4; 5; 5,5; 6; 8; 10; 12; 14; 16; 20; 25; 28; 32; 40$ S500 СТБ 1704-2012).

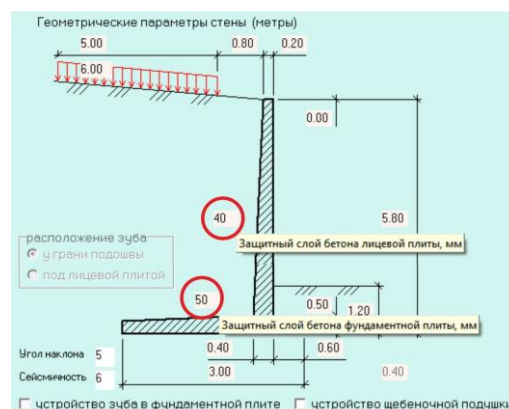
Армирование зуба тонкостенной монолитной подпорной стены принимается в зависимости высоты зуба и шага поперечной арматуры фундаментной плиты. При высоте зуба 350 мм и более предусматривается второй ряд продольной арматуры в теле зуба. Зуб у грани подошвы рассчитывается как короткая консоль на распределенную нагрузку от пассивного давления связного грунта без нагрузки на его поверхности E_p . Зуб под лицевой плитой – с учетом нормального напряжения под подошвой в точке перед зубом. Расчет устойчивости подпорной стены против сдвига: расстояние от зуба до края фундаментной плиты рекомендуется принимать не менее высоты зуба и при больших однозначных горизонтальных нагрузках наиболее напряженно основание работает под передней частью подошвы.

В версии программы v3.2.1 (май 2013г.) добавлен ввод защитных слоев для лицевой и фундаментной плит тонкостенной подпорной стены.

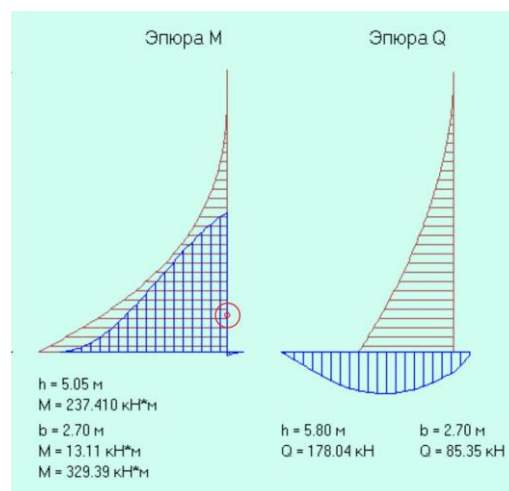
Толщина защитного слоя фундаментной плиты монолитной подпорной стены следует принимать не менее, мм:

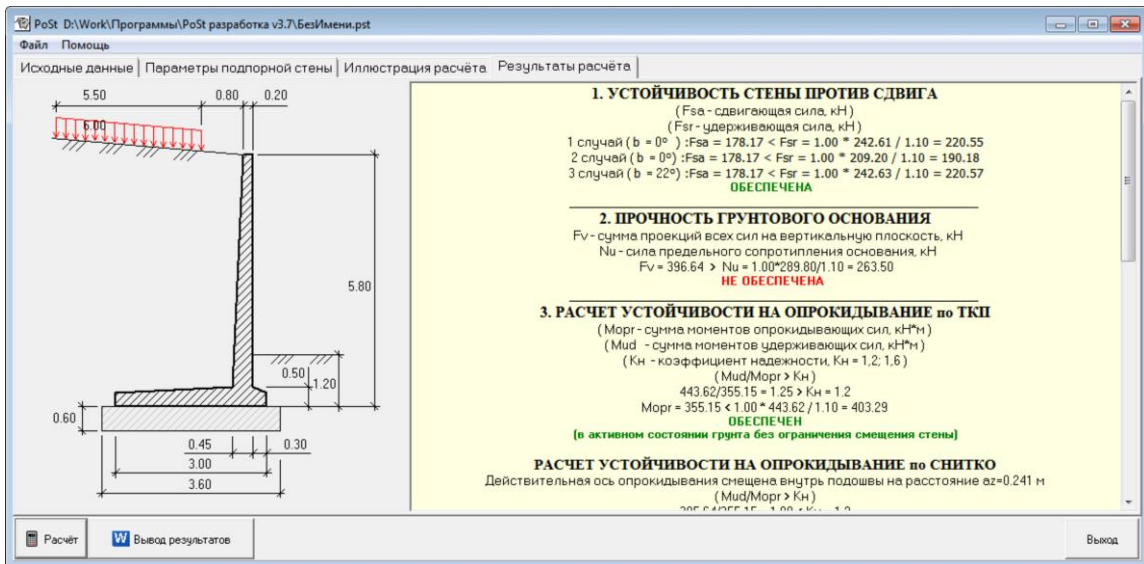
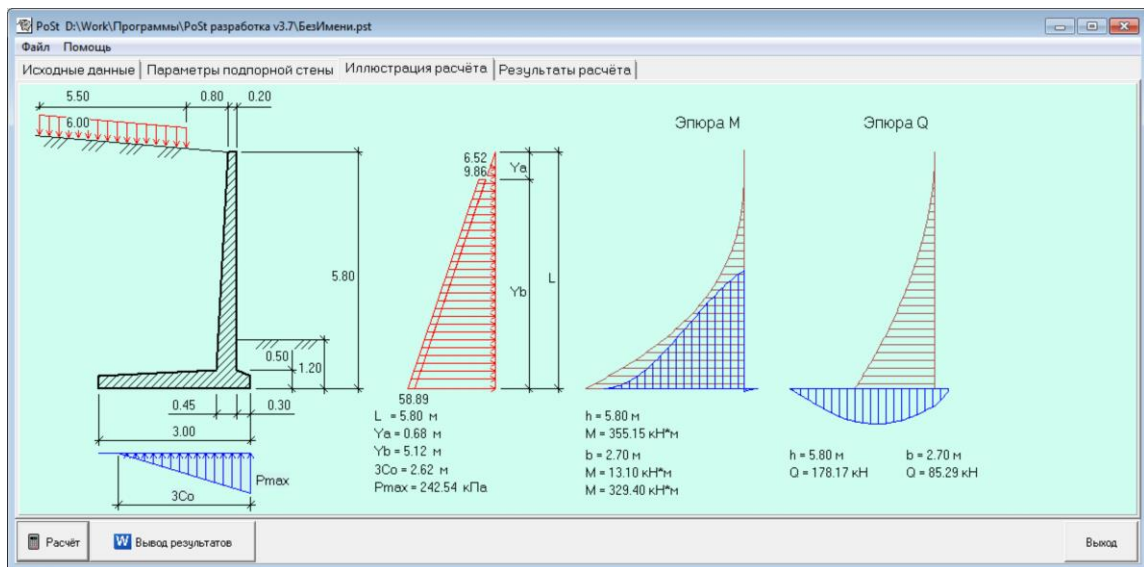
- при отсутствии бетонной подготовки – 80;
- при наличии бетонной подготовки – 45.

Толщина защитного слоя по торцам элементов для арматуры принята 25 мм. **В данной программе арматура лицевой плиты при достаточной длине анкеровки из предположения наличия бетонной подготовки под фундаментной плитой устанавливается без защитного слоя, т.е. ставится на бетонную подготовку.**



После выполнения расчета программа переходит на закладку "Иллюстрация расчета" с эпюрами моментов и поперечных сил для лицевой и фундаментной плит (тонкостенные подпорные стены). Величины значений M и Q для плит при различных значениях b и h можно зафиксировать выбрав левой кнопкой мыши нужную эпюру и управляя четырьмя стрелками с клавиатуры. По эпюрам будет перемещаться очень маленький курсор с изменением b или h и показывая соответственно значения M или Q . Максимальные расчетные усилия M и Q в лицевых и фундаментных плитах принимаются по наружным граням сопрягаемых элементов. А подбор марки монолитной тонкостенной подпорной стены по серии 3.002.1-2 осуществляется по изгибающему моменту M при $h_0 = h - h_{фп}$, по верхней грани фундаментной плиты.





Данное описание применительно к программе для расчета подпорных стен «PoSt» версии 3.0 и выше

Что здесь появилось нового:

1) добавился чертеж в формате *.dwg для монолитной тонкостенной подпорной стены по результатам расчета с подбором рабочей арматура в лицевой и фундаментной плитах. На чертеже есть схема подпорной стены, спецификация материалов на один м.п. подпорной стены и ведомость расхода стали.

2) как альтернатива, по усилиям в проектируемой подпорной стене, M , и геометрическим размерам (высота стены, размер подошвы) подбирается подпорная стена из монолитного железобетона по серии 3.002.1-2 разработанной ЦНИИПРОМЗДАНИЙ и киевским ПРОМСТРОЙПРОЕКТ в 1990г.

В состав серии входят выпуски:

- **выпуск 0** – материалы для проектирования и рабочие чертежи;
- **выпуск I** – арматурные изделия. Рабочие чертежи.

Переписывать текстовую часть данной серии нет смысла, при необходимости могу направить в ваш адрес по e-mail (формат tif, 12Мб).

В данной версии **выпуск 0** реализован полностью, а вот рабочие чертежи арматурных изделий (каркасов и сеток), **выпуск I**, - не реализован и их рабочие чертежи пока нужно смотреть в файле «С 3.002.1 2 В.1.TIF». При необходимости их тоже будем выводить в формат *.dwg.

3) в версии 3.4 прорисовка подпорных стен происходит в масштабе, угол наклона грунта засыпки показывается под углом при значении больше 0 и появилась возможность задать откос/насыпь грунта правее самой подпорной стены. **Форма вызывается правой кнопкой мыши по схеме стены.**

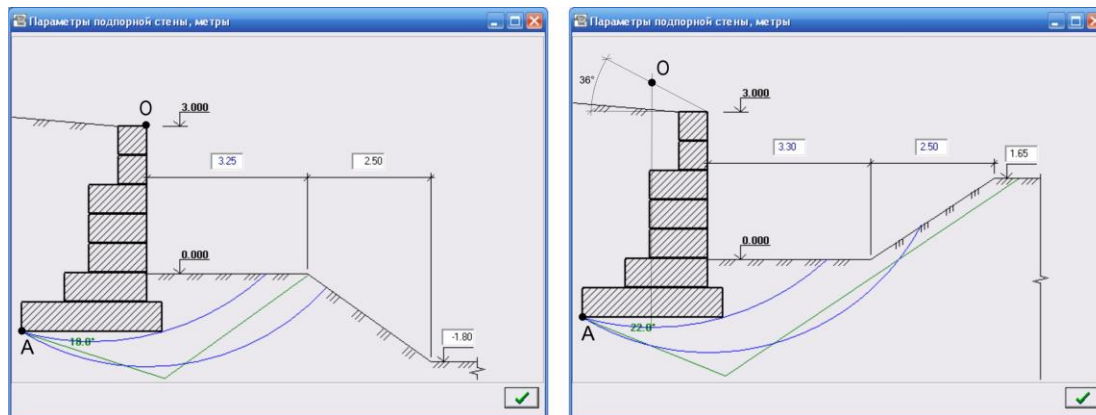
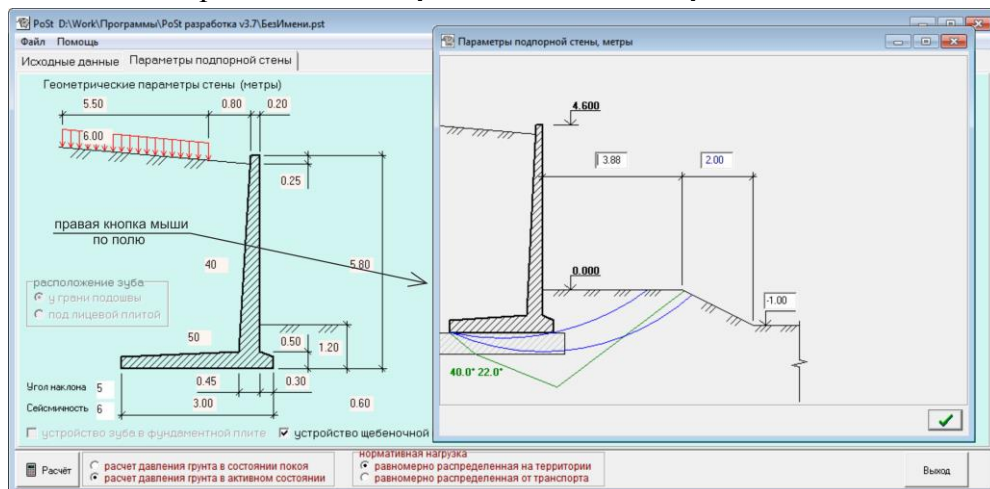
Зеленая линия

соответствует расчету устойчивости подпорной стены против сдвига для значения угла $\beta = \varphi_1$.

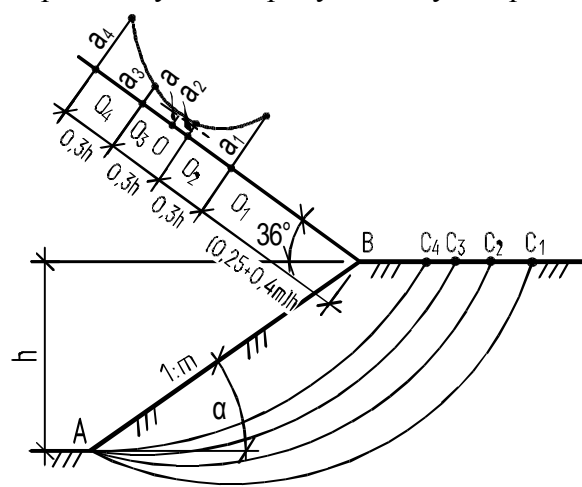
Синяя линия –

окружность радиусом R, соответствует расчету общей устойчивости стены против сдвига по круглоцилиндрической поверхности. Расстояние от края стены до начала откоса грунта не может быть меньше для случая $\beta = \varphi_1$.

Объем грунта откоса/насыпи учитывается при расчете на сдвиг по круглоцилиндрической поверхности в случаях их пересечения кривой R. При расчете на сдвиг для случая $\beta = \varphi_1$ насыпь не учитывается.



Общая устойчивость подпорной стены рассчитывается на сдвиг по круглоцилиндрической поверхности. Сущность применения этого метода сводится к следующему. Задаются центром вращения "O" подпорной стены. Проводят след круглоцилиндрической поверхности радиусом R через точку "A". Кривую следует проводить через край фундамента или ниже него, пересекая



определение центра вращения наиболее опасной поверхности скольжения

слабый слой грунта, охватывая область повышенных нагрузок. Призму обрушения делят вертикальными плоскостями на отсеки. Суммируют силу тяжести каждого отсека с его внешней равномерной распределенной нагрузкой и сносят равнодействующую на поверхность скольжения. Эту силу раскладывают на составляющие: действующую нормально к заданной поверхности скольжения и касательную к этой поверхности. **Сцепление грунта учитывается только по поверхности скольжения грунта основания за гранью стены.** Грунт, расположенный слева, выше подошвы стены – грунт засыпки, грунт, расположенный под подошвой стены и справа от нее – грунт основания. В данной программе проверка устойчивости осуществляется для двух случаев расположения центра вращения "O":

- правый верхний угол подпорной стены;
- на пересечении линии под углом 36 градусов к горизонту с линией, проходящей через середину подошвы подпорной стены.

И коротко о применении серии подпорных стен.

Подпорные стены предназначены для применения в промышленном и гражданском строительстве, а также на подъездных и внутриплощадочных путях железнодорожного и автомобильного транспорта при расчетной зимней температуре не ниже минус 40°C. Подпорные стены, разработанные в данной серии, не предназначены для применения на объектах гидротехнического строительства, на магистральных дорогах и в районах с вечной мерзлотой, просадочными и карстовыми грунтами.

В серии разработаны монолитные подпорные стены уголкового типа высотой 2.4 – 6.6 метра с градацией через 300 мм по высоте. При этом ширина подошвы принимается в пределах 0.6 – 0.9 высоты с соблюдением того же модуля 300 мм.

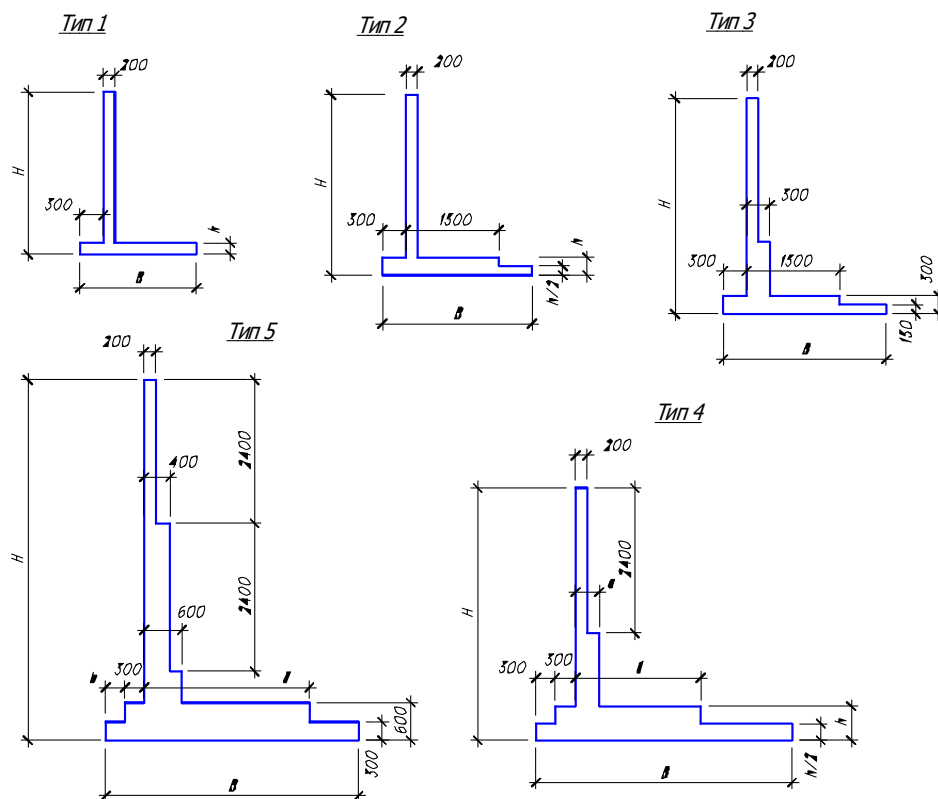
Лицевые и фундаментные плиты приняты ступенчатого типа с параллельными гранями. По высоте стены делятся на:

- одноступенчатые – высотой 2.4 – 3.3м;
- двухступенчатые – высотой 3.6 – 5.7м;
- трехступенчатые – высотой 6.0 – 6.6м.

Стены запроектированы из тяжелого бетона класса по прочности на сжатие В20. Стены армируются пространственными сварными каркасами «КП», собираемыми из плоских арматурных сеток. Пространственные каркасы имеют ширину 3м. Таким образом, арматура дана на 3 метра по длине стены. Вся номенклатура охватывает 248 марок подпорных стен.

Стены обозначаются марками, состоящими из буквенного и цифровых индексов. Буквенный индекс «ПСМ» - расшифровывается как «подпорные стены монолитные», первый и второй цифровые индексы обозначают, соответственно, высоту стены и ширину подошвы в дециметрах. Третий цифровой индекс характеризует степень армирования, определяемую расчетным значением изгибающего момента.

В зависимости от конфигурации поперечного сечения подпорные стены разделены на 5 типов.



Minsk Engineering Soft

тел.моб.: +375 29 650-68-81

e-mail: info@proektsoft.by

<http://www.proektsoft.by>

Максим Анатольевич Гришко