

УДК 69.07

## РАСЧЕТ ПОДПОРНЫХ СТЕН

А.С. ВАСИЛЕНКО, А.А. ГАМЕЛЬКО

(Представлено: канд. техн. наук, доц. А.П. Кремнев; Н.Н. Вишняков)

В данной работе рассматриваются два способа расчета устойчивости подпорных стен: Статический расчет и расчет при помощи программного комплекса GeoWall 7 (разработчик МалининСофт).

**Введение.** Подпорные сооружения – это различного рода подземные конструкции, совмещенные с грунтовой средой, которые обеспечивают устойчивость сооружений при действии на них горизонтального давления грунта [1].

Одним из примеров таковых сооружений являются подпорные стены, устраиваемые с целью укрепления грунтовых откосов от обрушения, ограждения котлованов, предотвращения эрозии береговой зоны рек, морей, озер, при устройстве насыпей дорог в стесненных условиях (по склонам гор, в черте города и т.п.), а также при строительстве зданий и сооружений вблизи откосов. Подпорные стены испытывают значительное горизонтальное давление со стороны грунта, зачастую подвергаются динамическим и вибрационным воздействиям от подвижного транспорта, давлению морозного пучения грунта, действию фильтрационных сил.

Подпорные стены могут выполняться из монолитного железобетона или из сборных железобетонных конструкций. Элементы сборных конструкций должны отвечать условиям индустриального изготовления их на специализированных предприятиях. В сборных конструкциях подпорных стен конструкции узлов и соединений элементов должны обеспечивать надежную передачу усилий, прочность самих элементов в зоне стыка, а также связь дополнительно уложенного бетона в стыке с бетоном конструкции. Для монолитных железобетонных конструкций следует предусматривать унифицированные опалубочные и габаритные размеры, позволяющие применять типовые арматурные изделия и инвентарную опалубку.

В зависимости от принятого конструктивного решения подпорные стены могут возводиться из железобетона, бетона, бутобетона и каменной кладки. Выбор материала для подпорных стен обуславливается технико-экономическими соображениями, требованиями долговечности, условиями производства работ, наличием местных строительных материалов и средств механизации.

Подпорные стены по конструктивному решению подразделяются на массивные и тонкостенные. В массивных подпорных стенах их устойчивость на сдвиг при воздействии горизонтального давления грунта обеспечивается в основном собственным весом стены. В тонкостенных подпорных стенах их устойчивость обеспечивается собственным весом стены и весом грунта, вовлекаемого конструкцией стены в работу [2].

Расчет и проектирование подпорных стен начинается с определения величины горизонтального давления грунта. Существует два вида давления на подпорное сооружение: активное и пассивное. Активное давление – это боковое давление со стороны грунта, находящегося в предельном напряженном состоянии, в направлении смещения конструкции. Пассивное давление – это боковое давление со стороны грунта, находящегося в предельном напряженном состоянии, в направлении противоположном смещению конструкции [1].

Существуют различные методы расчета значений активного и пассивного давления на подпорные сооружения: по Сорочану, по СП.22.13330.2011, по Соколовскому, по Eurocode 7, с учетом сейсмического воздействия (по СП.14.13330.2011 и СП.14.13330.2014).

**Ход работы.** Мы изучили два метода, дающие возможность рассчитывать подпорные стены. Первый метод статического расчета, основанный на получении данных об устойчивости подпорных стен вручную. Данный метод описан в следующем нормативном документе – ТКП 45-5.01-237-2011 и включает в себя следующие пункты:

- Определение инженерно-геологических условий в месте установки, выбор типа подпорной конструкции и назначение её предварительных размеров;
- Составление расчётной схемы, определение внешних воздействий и их численных показателей, в соответствии с указаниями в национальных приложениях и ТНПА;
- Определение активного давления грунта и пассивного давления грунта (отпор) на подпорную конструкцию и расчет на их воздействие (I группа предельных состояний)
- Расчёт устойчивости подпорного сооружения против сдвига и опрокидывания (II группа предельных состояний);
- Расчёт оснований по деформации;

Заключительным этапом расчета подпорной конструкции является точное определение максимальных усилий, возникающих во всех узлах подпорного сооружения и его конструирование.

Второй метод расчета при помощи программного комплекса GeoWall 7 (разработчик МалининСофт) основан на получении данных об устойчивости подпорных стен при помощи искусственного ин-

теллекта. Поскольку на такое сооружение как подпорная стенка действуют значительные горизонтальные нагрузки, то расчет производился по первой группе предельных состояний (расчет по несущей способности). При моделировании упругого изгиба стены используется метод конечных элементов. Для решения задачи выполняются различные расчеты, основными из которых являются:

1. Расчет оказываемого давления на ограждение (активного и пассивного)
2. Расчет ограждения котлована на прочность
3. Расчет давления грунта в состоянии покоя
4. Расчет упругопластической реакции грунта
5. Расчет от давления воды
6. Расчет устойчивости грунта в районе заглубленной части стены

По окончании проведения расчетов производится решение методом конечных элементов задачи упругого изгиба стены под действием суммарного давления грунта и воды с двух сторон ограждения. На рисунке 1 представлена расчетная схема подпорной стенки в общем виде.

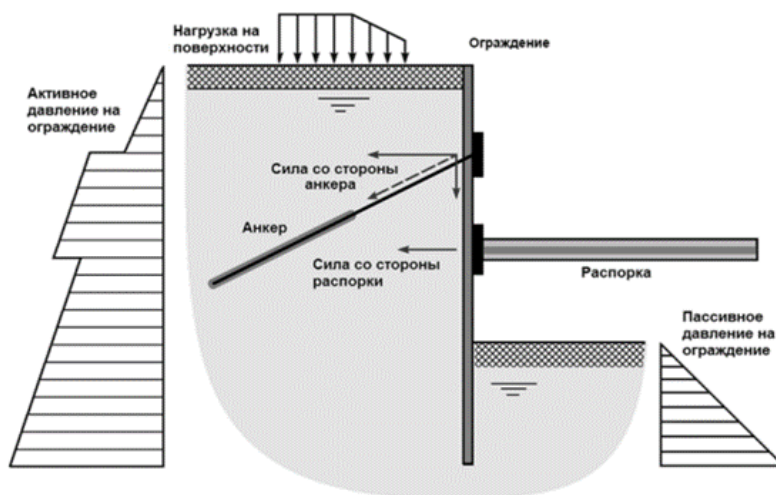


Рисунок 1. – Расчетная схема подпорной стенки в общем виде

Программа GeoWall 7 может решать задачу упругого изгиба стены, рассчитывать ограждение котлована на прочность, определять продольные силы в анкерах, подбирать сечение распорок из труб, рассчитывать обвязочный пояс, получать эффективные характеристики сечений стены.

Для начала работы необходимо создать новый проект, нажав на кнопку Новый проект. Далее необходимо задать свойства грунтов на вкладке геология. Для задания имён грунтов можно воспользоваться встроенным справочником свойств грунтов, а также можно выбрать соответствующие штриховки ИГЭ. Далее на вкладке ограждение заполняются параметры ограждения котлована. После этого выбирается тип ограждения и задаются параметры сечения путем нажатия на кнопку характеристики сечения. Для выполнения расчета на прочность ограждения необходимо активировать опцию расчет на прочность. В окне необходимо ввести геометрические и прочностные параметры ограждения. На вкладке нагрузки необходимо задать нагрузку на грунт. После ввода всех данных необходимо нажать кнопку выполнить расчет. Результаты расчета для каждого этапа выработки котлована отображаются на вкладке результаты (рисунок 2), а также в виде элнор в графическом поле [3].

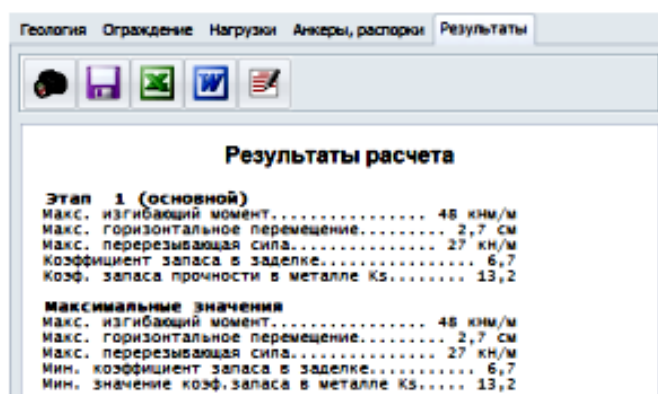


Рисунок 2. – Результаты расчета

**Заключение.** Расчет подпорных стен при помощи программы GeoWall 7 позволяет выполнить проект ограждения котлованов или укрепления откосов в различных грунтовых условиях при различных размерах котлована, конструкциях подпорных сооружений или формах грунтового откоса. Алгоритм расчета основан на известной и проверенной практикой модели предельного состояния грунтового основания Мора-Кулона. Результаты ручного расчета по ТКП 45-5.01-237-2011 и по программе GeoWall 7 показали практически полную сходимость при существенном снижении трудоемкости вычисления и проектирования конструкций подпорных стен.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. ЛЕКЦИЯ 11. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДАВЛЕНИЯ ГРУНТА НА ПОДПОРНЫЕ СООРУЖЕНИЯ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://studfile.net/preview/3977779/>. – Дата доступа: 27.09.2022.
2. Подпорные стенки [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://studopedia.ru/9\\_48531\\_podpornie-stenki.html](https://studopedia.ru/9_48531_podpornie-stenki.html). – Дата доступа: 27.09.2022.
3. Руководство пользователя GeoWall 7.2.0 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [GeoWall Help.pdf](#). – Дата доступа: 27.09.2022.
4. ТКП 45-5.01-237-2011. – 01.07.2011. – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2011. – 110 с.