

*Я.И. Червинский, к.т.н., с.н.с., В.Д. Шуминский, к.т.н., доцент
О.В. Шидловская, аспирантка
Государственное предприятие «Государственный научно-исследовательский
институт строительных конструкций», г. Киев*

**ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ СКЛОНА ПО МЕТОДУ
Г. М. ШАХУНЯНЦА С УЧЕТОМ РАБОТЫ ПОДПОРНЫХ СТЕН,
УСИЛЕННЫХ АНКЕРАМИ, НА ОБЪЕКТЕ СТРОИТЕЛЬСТВА
ПО УЛ. ГЛЫБОЧИЦКОЙ, 43 В ШЕВЧЕНКОВСКОМ РАЙОНЕ
Г. КИЕВА**

В статье рассматривается оценка устойчивости склона с учетом работы подпорных стен по методу Г. М. Шахунянца и работы анкеров.

***Ключевые слова:** оползневое давление грунта, устойчивость склона, подпорная стенка, анкер.*

*Я.І. Червинський, к.т.н., с.н.с., В.Д. Шуминський, к.т.н., доцент
О.В. Шидловська, аспірантка
Державне підприємство «Державний науково-дослідний
інститут будівельних конструкцій», м. Київ*

**ОЦІНКА СТІЙКОСТІ СХИЛУ ЗА МЕТОДОМ Г.М. ШАХУНЯНЦА
З УРАХУВАННЯМ РОБОТИ ПІДПІРНИХ СТІН,
ЩО ПІДСИЛЕНІ АНКЕРАМИ, НА ОБ'ЄКТІ БУДІВНИЦТВА
ПО ВУЛ. ГЛИБОЧИЦЬКІЙ, 43 В ШЕВЧЕНКІВСЬКОМУ
РАЙОНІ М. КИЄВА**

У статті розглядено оцінку стійкості схилу з врахуванням роботи підпірних стін за методом Г. М. Шахунянца та роботи анкерів.

***Ключові слова:** зсувний тиск ґрунту, стійкість схилу, підпірна стінка, анкер.*

*Ya.I. Chervinsky, Dr-Ing., V.D. Shumynsky, Reader, Dr-Ing.
O.V. Shydlovska, post-graduate student
State Enterprise «State Research Institute of Building Structures», Kiev*

**ESTIMATION OF THE SLOPE STABILITY BY
G.M. SHAHUNYANTS'S METHOD TAKING INTO CONSIDERATION
A WORK OF THE RETAINING WALLS STRENGTHENED BY
ANCHORS ON CONSTRUCTION SITES ON THE STREET.
HLYBOCHYTSKA, 43 IN THE SHEVCHENKO DISTRICT OF KIEV**

Assessment on G.M. Shahunyants's method of the slope stability taking into consideration a work of the retaining walls strengthened by anchors is considered in paper.

***Keywords:** landslide pressure, slope stability, retaining wall, anchor.*

Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными практическими заданиями. При существующей тенденции к увеличению плотности застройки в современном городском строительстве возникла необходимость освоения склонов, в том числе и оползнеопасных.

При строительстве на оползнеопасных склонах возникает необходимость повышения устойчивости склонов путем устройства противооползневых сооружений.

Выбор типа конструкций для удерживающих сооружений на конкретном оползнеопасном склоне, а также место расположения этих сооружений, зависят от величины оползневого давления и его распределения вдоль склона, мощности оползневой толщи, конфигурации склона, возможности появления оползня во время строительства и других факторов [1].

Довольно часто сооружения, которые выполняют роль удерживающих в период строительства, также служат несущей конструкцией здания в эксплуатационный период. После выполнения строительства давление грунта, действующее на ограждение котлована, передается через перекрытия на всю жесткую конструкцию. Поскольку нагрузки на удерживающие сооружения в строительный период превышают нагрузки, действующие в эксплуатационный период, то на период строительства необходимо использовать конструкции, которые повышают устойчивость и прочность удерживающих сооружений.

Конструкция, обеспечивающая дополнительные усилия на сооружение с целью повышения его устойчивости на период строительства или на весь период эксплуатации, называется анкером.

Для того, чтобы проверить устойчивость склона, необходимо выполнить расчеты по оценке его устойчивости и при недостаточной его устойчивости необходимо устраивать удерживающие сооружения (подпорные стены), усиление при необходимости анкерами.

Анализ последних исследований и публикаций, в которых начато решение проблемы. При выполнении расчета устойчивости склона использовался метод Г.М. Шахунянца [2]. Метод расчета устойчивости откоса Г.М. Шахунянца основан на решении плоской задачи по заданным сечениям при наличии в массиве склона фиксированной поверхности скольжения.

Выделение не решенных ранее частей общей проблемы, которым посвящается статья. Научный интерес имеет практическое применение разработанных методик по оценке устойчивости склона.

Поэтому за цель работы принято выполнить оценку устойчивости склона с учетом работы подпорных стен по методу Г. М. Шахунянца и работы анкером.

Изложение основного материала исследований. Расчет устойчивости склона по этому методу выполняется в следующем порядке:

– используя материалы топографической съемки оползневого участка и инженерно-геологических изысканий, строят разрез оползневого тела по данному вертикальному сечению;

– разбивают разрез оползневого тела вертикальными линиями на отдельные отсеки так, чтобы линия скольжения оползня в каждом отсеке имела неизменный уклон.

Коэффициент устойчивости склона по методу Г.М. Шахунянца определялся по формуле

$$K_{st} = \frac{\sum [N_i \operatorname{tg} \varphi + c_{wi} l_i + T_{y0}] \frac{\cos \varphi_i}{\cos(\alpha_i - \varphi_i)}}{\sum (T_{i\cos} + Q_{ci}) \frac{\cos \varphi_i}{\cos(\alpha_i - \varphi_i)}}, \quad (1)$$

где $T_{i\cos}$ – тангенциальные силы в отсеках склона в кН, определяемые по формуле

$$T_i = P \cdot \sin \alpha_i; \quad (2)$$

N_i – нормальная к поверхности скольжения составляющая силы веса отсека в кН, определяемая по формуле

$$N_i = P_i \cdot \cos \alpha_i; \quad (3)$$

Q_{ci} – величина сейсмической силы в i -ом отсеке, кН;

P_i – вес i -го отсека, кН;

α_i – угол наклона i -го отсека к горизонту, град;

φ_i – угол внутреннего трения грунта в пределах i -го отсека, град;

c_{wi} – удельное сцепление грунта в пределах i -го отсека, кПа;

l_i – длина поверхности скольжения в пределах i -го отсека, м.

Удерживающие сооружения (подпорные стенки) устраиваются при недостаточной устойчивости склона (коэффициент устойчивости меньше допустимого для данного класса последствий сооружения, $K_{st} < [K_{st}]$).

При невозможности обеспечить устойчивость склона удерживающими сооружениями, применяемыми в практике инженерной защиты склонов, либо увеличивают размеры удерживающих сооружений, либо устанавливают по его длине анкера в один или несколько рядов. Выбор типа крепления склона выполняется на основании технико-экономического сравнения вариантов.

Рассмотрим расчет устойчивости склона и определения оползневого давления на удерживающее сооружение на примере строительства жилищно-офисного комплекса с объектами социального быта и встроенным паркингом по ул. Глыбочицкой, 43 в Шевченковском районе г. Киева.

В геоморфологическом отношении территория строительства расположена в пределах Глыбочицкой балки с перепадом высот около 33,0 м. Естественный рельеф участка в значительной степени изменен планировочными работами. На данный момент основная часть склона находится в относительно устойчивом состоянии. На отдельных участках построены подпорные стены, которые удерживают склон.

Общий вид подпорных стен на участке строительства показан на рисунке 1.



Рисунок 1 – Общий вид подпорных стен на участке строительства

Подпорная стена выполнена в 80...90-х годах XX века из буронабивных свай диаметром 820 мм, длиной 17,6 м, расстояние между осями свай – 1,50 м.

Существующая подпорная стена состоит из двух участков – S1-1_о и S3-3_о [3].

Отметка низа свай в сечении 3-3_о составляет 135,60 м, верха – 153,20 м. Отметка низа свай в сечении 1-1_о составляет 133,30 м, верха – 151,10 м. По головам свай выполнена обвязочная балка.

Схемы по расчету устойчивости подпорных стен S3-3_о и S 1-1_о показаны на рисунках 2 и 3.

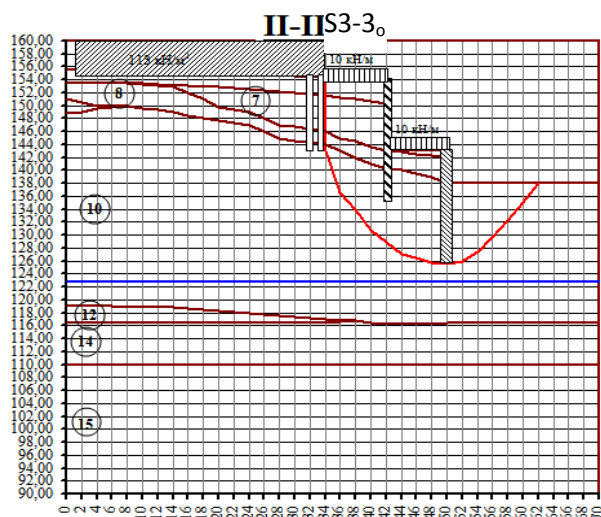


Рисунок 2 – Расчетная схема устойчивости подпорных стен для сечения S3-3_o

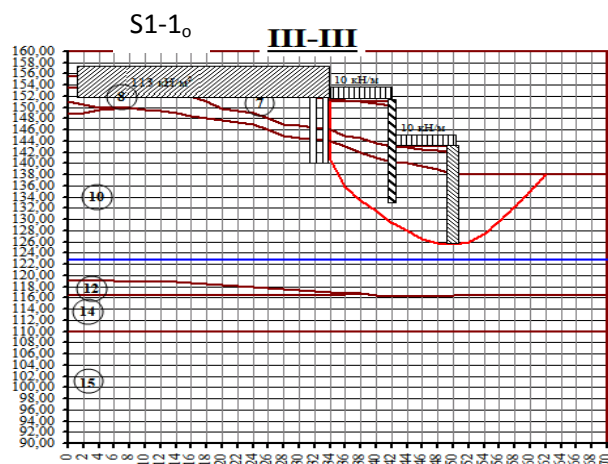


Рисунок 3 – Расчетная схема устойчивости подпорных стен для сечения S1-1_o

По результатам расчетов устойчивости подпорных стен получено: коэффициент запаса устойчивости подпорных стен для сечения S3-3_o составляет 1,41, а для сечения S 1-1_o – 1,67.

Полученные значения K_{st} выше минимально допустимого значения $[K_{st}]$ для данного класса последствий (ответственности) сооружения ССЗ равного 1,25 [3].

Склон на рассматриваемом участке, усиленного подпорными стенками, будет находиться в устойчивом состоянии.

По проекту для повышения устойчивости склона на этом участке выполнены анкеры в два ряда. Параметры анкеров [4] представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Параметры анкеров

Ряды анкеров	Отметки голов анкеров, м	Угол наклона анкера к горизонту ψ , град	Длина корня анкера, м	Шаг анкера, а, м	Проектные усилия в анкере N, кН
Сечение S 3-3 _o					
1	150,5	42,5	5,0	1,5	398,0
2	147,0	42,5	5,0	1,5	266,0
Сечение S 1-1 _o					
3	149,5	35,0	5,0	1,5	153,0
4	147,0	35,0	5,0	1,5	107,0

Расчетные схемы по расчету устойчивости подпорных стен S3-3₀ и S1-1₀ с учетом анкеров показаны на рисунках 4 и 5.

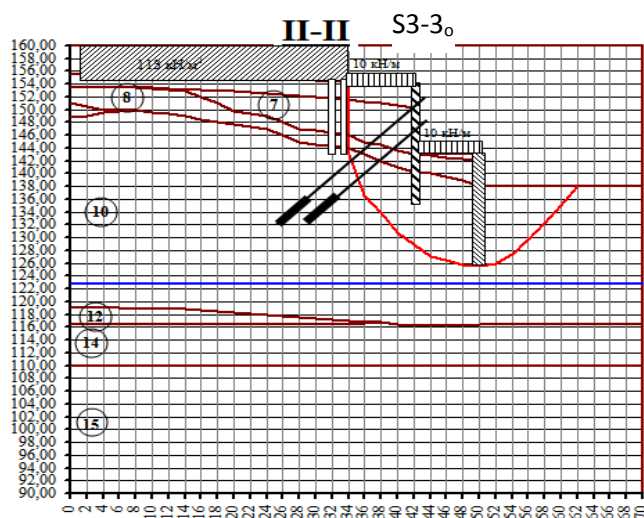


Рисунок 4 – Расчетная схема устойчивости подпорных стен для сечения S3-3₀ с учетом работы анкеров

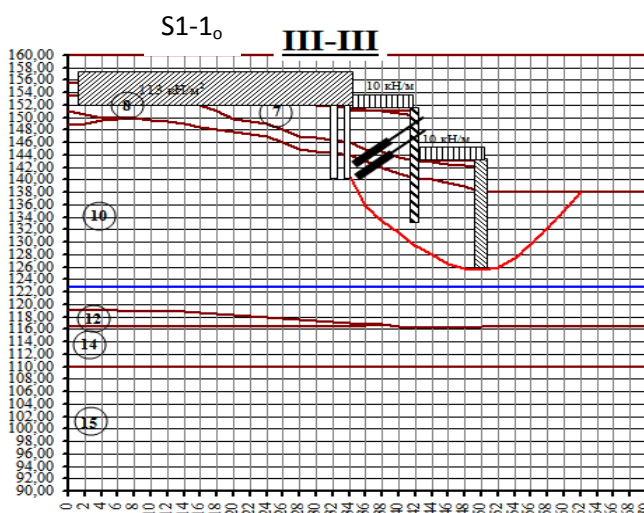


Рисунок 5 – Расчетная схема устойчивости подпорных стен для сечения S1-1₀ с учетом работы анкеров

Для учета работы анкеров в расчете устойчивости по методу блоков Г.М. Шахунянца необходимо определить расчетное усилие в анкере

$$N_1 = \frac{N}{a} \quad (4)$$

Усилие в анкере N_1 необходимо разложить на горизонтальную и вертикальную составляющие

$$N_x = N_1 \cdot \cos \psi; \quad (5)$$

$$N_y = N_1 \cdot \sin \psi, \quad (6)$$

где ψ – угол наклона анкера к горизонту, град.

На рисунке 4 видно, что корни анкеров выходят за область возможного сдвига. Корни анкеров должны выходить за пределы массива обрушения и располагаться в прочных грунтах. Иначе усилия в анкерах будут способствовать уменьшению

устойчивости склона. В данном случае анкеры способствуют повышению устойчивости подпорных стен на рассматриваемом участке. Поэтому горизонтальную составляющую L_x нужно добавить к удерживающим силам соответствующего блока.

На рисунке 5 видно, что корни анкеров расположены в области возможного сдвига массива грунта. В данном случае анкеры наоборот уменьшают устойчивость склона на рассматриваемом участке. Поэтому горизонтальную составляющую L_x нужно добавить к сдвигающим силам соответствующего блока, а вертикальную составляющую – добавить к весу блока.

Выводы. По результатам расчетов устойчивости подпорных стен с учетом анкеров получено: коэффициент запаса устойчивости подпорных стен для сечения S 3-3₀ составляет 1,48, а для сечения S1-1₀ – 1,52.

Применение анкеров на подпорных стенках по сечению S3-3₀ позволило увеличить устойчивость склона с $K_{st}=1,41$ до $K_{st}=1,48$, а для сечения S1-1₀ наоборот – уменьшить устойчивость склона с $K_{st}=1,67$ до $K_{st}=1,52$.

Таким образом, использование проектного решения анкеров в сечении S1-1₀ нецелесообразно. Для повышения устойчивости склона в этом сечении необходимо корни анкеров завести за пределы массива обрушения.

Литература

1. Великодний Ю.Й. *Захист територій від зсувів: навч. посібник / Ю.Й. Великодний.* – Полтава: Поліграфічний центр «Скайтек», 2006. – 116 с.
2. *Рекомендації по комплексним мерам зашити зданий и сооружений на оползнеопасных склонах / НИИСК Госстроя СССР.* – Киев: НИИСК, 1989. – 295 с.
3. ДБН В.1.2-14-2009. *Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ.* – К.: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2009. – 43 с.
4. *Робоча документація. Житлово-офісний з об'єктами соціального побуту та вбудованим паркінгом комплекс по вул. Глибочицькій, 43 в Шевченківському районі м. Києва. Влаштування анкерів системи BAUER.* – Київ: ТОВ «БАУЕР-АЛЬТІС», 2007. – 50 с.

Надійшла до редакції 12.10.2012

© Я.И. Червинский, В.Д. Шуминский, О.В. Шидловская