

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗОНЫ ЦЕНТРОВ ОКРУЖНОСТЕЙ КРИВЫХ СКОЛЬЖЕНИЯ
ДЛЯ ОДНОРОДНЫХ ГРУНТОВЫХ ПЛОТИН
С УЧЕТОМ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ**

Осадчий В.С., к.т.н., доцент,
Анисимов К.И., доцент,
Великий Д.И.,

Одесская государственная академия строительства и архитектуры
denislusuj@list.ru

Аннотация. Оценивая степень устойчивости однородных грунтовых плотин малого и среднего напора, расположенных в Одесской области, для расчетов был выбран метод круглоцилиндрических поверхностей скольжения. Этот метод весьма распространен в строительной практике и применим для откосов, сложенных однородными грунтами. Использование существующих методов поиска расположения наиболее опасной кривой обрушения показало большой разброс зоны центров окружностей скольжения, следовательно, и значительное расхождение в значениях коэффициента запаса на устойчивость. В ходе работы была разработана новая методика по определению зоны расположения возможных центров кривых обрушений с учетом сейсмических воздействий. Предлагаемый метод значительно уменьшает площади областей поиска положения центров кривых обрушения и соответственно трудоемкость по определению минимального значения коэффициента запаса на устойчивость.

Ключевые слова: грунтовая плотина, устойчивость, коэффициент запаса, откос, сейсмические воздействия.

**ВИЗНАЧЕННЯ ЗОНИ ЦЕНТРІВ КІЛ КРИВИХ КОВЗАННЯ ДЛЯ ОДНОРІДНИХ
ГРЕБЕЛЬ З УРАХУВАННЯМ СЕЙСМІЧНИХ ВПЛИВІВ**

Осадчий В.С., к.т.н., доцент,
Анісімов К.І., доцент,
Великий Д.І.,

Одеська державна академія будівництва та архітектури
denislusuj@list.ru

Анотація. Оцінюючи ступінь стійкості однорідних грунтових гребель малого та середнього напору, розташованих в Одеській області, для розрахунків було вибрано метод круглоциліндрових поверхонь ковзання. Цей метод досить поширений у будівельній практиці та застосовується для укосів, складених однорідними грунтами. Використання існуючих методів пошуку розташування найбільш небезпечної кривої обвалення показало великий розкид зони центрів кіл ковзання, відповідно і значну розбіжність у значеннях коефіцієнта запасу на стійкість. У ході роботи була розроблена нова методика по визначенню зони розташування можливих центрів кривих обвалення з врахуванням сейсмічних впливів. Запропонований метод значно зменшує площі областей пошуку положення центрів кривих обвалення і відповідно трудомісткість за визначенням мінімального значення коефіцієнта запасу на стійкість.

Ключові слова: грунтова гребля, стійкість, коефіцієнт запасу, укіс, сейсмічні впливи.

DEFINITION OF THE ZONE CENTERS OF THE CIRCLES SLIP CURVES FOR A HOMOGENEOUS EARTH DAMS WITH ACCOUNT OF SEISMIC EFFECTS

Osadchiy V.S., Ph.D., Assistant Professor,

Anisimov K.I., Assistant Professor,

Velykyi D.I.,

Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture

denislusuj@list.ru

Abstract. Assessing the degree of stability of homogeneous earth dams small and medium pressure, located in the Odessa region, the calculation method was chosen circular-cylindrical sliding surfaces. This method is very common in construction practice and is applicable for slopes composed of uniform soils. Using existing search techniques at the most dangerous curve of the collapse showed a large variation zone of centers of slip circles. Consequently, considerable variation in the values of the safety factor on resistance. During the work we developed a new methodology to determine the locations of possible centers curves collapses with seismic effects. The proposed method significantly reduces the area of search scopes, the positions of the centers of the curves of the collapse and, accordingly, the complexity for determining the minimum values of safety factor for resistance.

Keywords: a dirt dam, stability, stock coefficient, slope, seismic effects.

Введение. Задача обеспечения устойчивости грунтовых массивов возникает при проектировании сооружений гидротехнического, промышленного, гражданского, транспортного и других назначений. При этом в качестве грунтовых массивов выступают основания, откосы насыпей и выемок, естественные склоны при их хозяйственном использовании.

Для оценки устойчивости склонов применяются методы трех классов: историко-географические, сравнительные (или методы аналогий) и расчетные – аналитические или графические. В работе рассмотрены только расчетные методы, которые позволяют дать количественную оценку степени устойчивости склонов. Степень устойчивости необходимо знать не только для решения вопроса о надежности грунтового массива, но также и для сравнительной оценки вариантов рассматриваемого земляного сооружения, чтобы выявить экономически оптимальный вариант.

Коэффициент запаса на устойчивость представляет собой отношение удерживающих сил (моментов) к сдвигающим [1]. Его величина зависит от класса и категории ответственности и находится в пределах от 0,95 до 1,25.

Как показывает практика эксплуатации грунтовых плотин, анализ их аварий и разрушений, основными распространенными причинами повреждений грунтовых гидротехнических сооружений являются:

- ошибки, допущенные при проектировании и производстве работ;
- недоброкачественные строительные материалы;
- ошибки, допущенные при инженерно-геологических исследованиях;
- стихийные причины (землетрясения);
- ошибки, допущенные при эксплуатации гидросооружений;
- повреждения, причиняемые людьми, животными и машинами;
- повреждения, возникшие вследствие действия фильтрационного потока.

Цели и задачи. Целью работы является поиск наиболее вероятной зоны расположения центров кривых обрушения однородных грунтовых откосов. **Задачи** – анализ существующих методов поиска расположения наиболее опасной кривой обрушения, при расчетах однородных грунтовых откосов, разработка методики по определению области расположения возможных опасных центров кривых обрушений с учетом сейсмических воздействий и определение границы применимости предлагаемого метода.

Объектом исследований является низовой откос однородных грунтовых плотин.

Методы исследований. Аналитические и численные методы исследований поведения грунтовых плотин при сейсмических воздействиях и определение области положения критических центров кривых обрушения низового откоса. Экспериментальное исследование динамических характеристик грунтовой плотины.

Результаты исследований. В качестве расчетного метода по оценке устойчивости откосов грунтовых плотин, был принят метод круглоцилиндрических поверхностей обрушения. Этот метод весьма распространен в строительной практике и применяется с помощью самых различных приемов. Поэтому существует большое количество названий рассматриваемого метода и его разновидностей: метод В. Феллениуса, метод Терцаги, метод Терцаги-Крея, метод Петтерсона, метод вертикальных элементов, метод Иванова-Тейлора, метод весового давления и т.д.

Метод круглоцилиндрических поверхностей обрушения [2-5] целесообразно применять, когда откос сложен однородными грунтами. Метод предполагает, что сползание грунта может произойти лишь в результате вращения оползающего массива вокруг центра «О» (рис. 1). Следовательно, поверхность скольжения в данном случае будет представлена дугой некоторого круга с радиусом «R», очерченного из центра «О». Оползающий массив рассматривается при этом, как некоторый твердый блок, всеми своими точками участвующий в одном общем движении. Степень устойчивости откоса оценивается наиболее простым и одновременно наиболее распространенным, так называемым методом моментов.

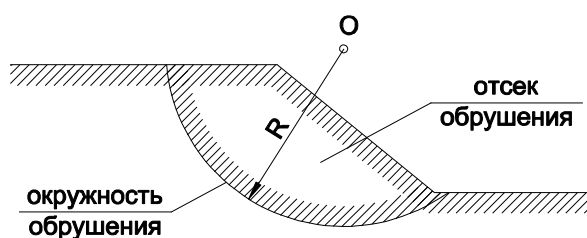


Рис. 1. Принципиальная схема метода круглоцилиндрических поверхностей обрушения

На практике рассматриваемый метод часто осложняется неопределенностью в положении центра вращения «О». Его координаты, а также радиус «R» определяются так, чтобы отразить в расчете наиболее невыгодное положение принимаемой поверхности скольжения, при котором значение коэффициента запаса на устойчивость получается минимальным из возможных для данного откоса.

Использование в инженерной практике большого числа расчетных методов для определения зоны расположения критического центра «О» (рис. 1), которому соответствует минимальное значение коэффициента запаса на устойчивость, свидетельствует о сложности задачи и незавершенности процесса поиска ее решения, которое удовлетворяло бы исследователей.

В работе были рассмотрены наиболее распространенные методы, такие как: В.В. Аристовского (рис. 2) [6]; метод последовательного приближения для определения центра критической поверхности скольжения, проходящей через подошву и основание откоса [7]; определение центра критической кривой скольжения по графику Ямбу.

Для анализа представленных методов, в работе было рассмотрено более 200 расчетных схем однородных грунтовых плотин. Переменными значениями были приняты высота сооружения (от 8 м до 25 м) и прочностные характеристики грунтов тела плотины и основания.

Анализируя результаты расчетов, было определено:

1. Площадь зоны положения критических центров кривых обрушения изменялась приблизительно от 50 м² до 670 м²;

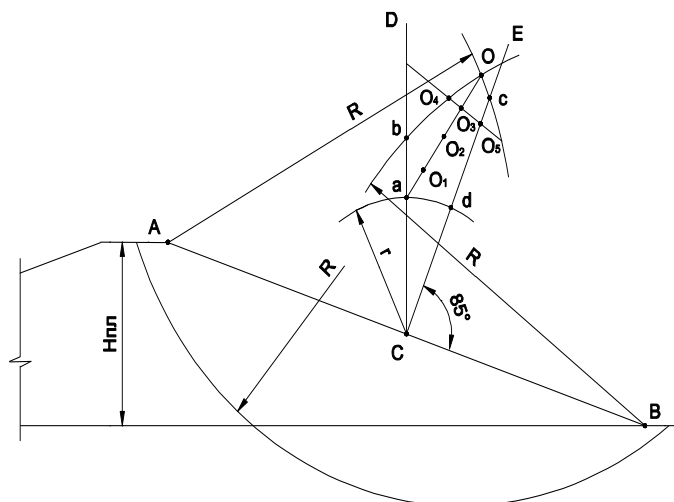


Рис. 2. Схема для определения центра наиболее опасной поверхности скольжения по В.В. Аристовскому

2. Полученные центры кривых обрушений с наименьшими значениями коэффициентов запаса на устойчивость не находятся в области, которые определяются указанными выше методами (рис. 3–4).

Следовательно, возник вопрос о разработке новой методики определения положения и уменьшения зоны нахождения центров кривых обрушения с учетом сейсмических воздействий [8].

Таким образом, для полученных центров кривых скольжений, которым отвечали минимальные значения коэффициентов запаса на устойчивость, были разработаны правила построения зоны центров окружностей кривых скольжения, которые учитывают высоту сооружения и уклон расчетного откоса. Также, были определены границы применимости предлагаемых методов.

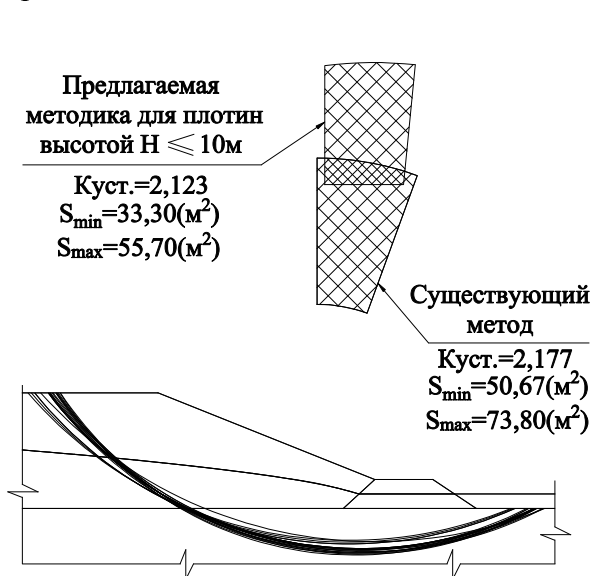


Рис. 3. Области расположения кривых обрушения с минимальным значением коэффициента запаса на устойчивость. Для плотин высотой 8 м–10 м

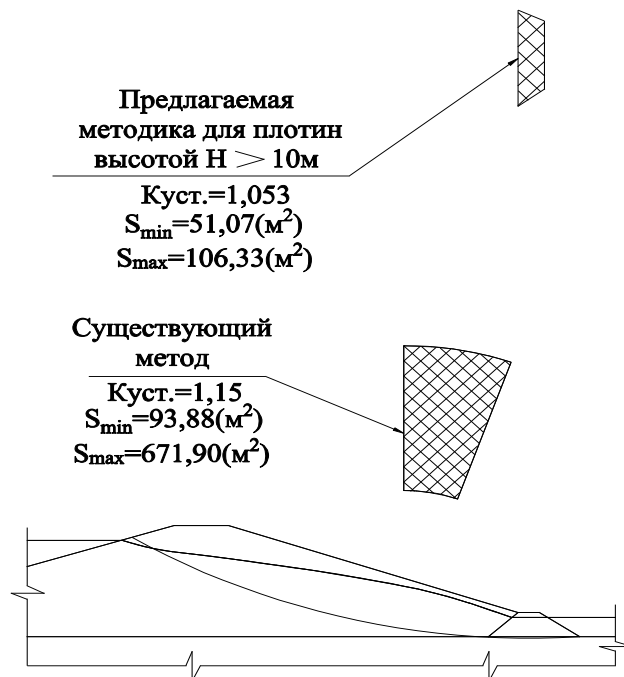


Рис. 4. Области расположения кривых обрушения с минимальным значением коэффициента запаса на устойчивость. Для плотин высотой 10 м–25 м

Оценивая площадь поиска центров кривых скольжения по разработанной схеме с существующими, было отмечено, что для плотин высотой от 8 м до 10 м включительно, она составляла от 33 м² до 74 м² (рис. 3), а высотой от 10 м до 25 м включительно, площадь составила от 51 м² до 106 м² (рис. 4).

Для более наглядного отражения полученных результатов по разработанной методике, в табл. 1 приведены сравнительные данные с результатами расчетов с применением существующих методов.

Таблица 1 – Сравнение результатов расчета по определению минимальных значений коэффициентов запаса на устойчивость и зон расположения центров круглоцилиндрических поверхностей скольжения

Методы	Высота 8м–10м			Высота 10м–25м		
	Площадь, м ²		Коэффициент устойчивости	Площадь, м ²		Коэффициент устойчивости
	min	max		min	max	
Существующий метод	50,67	73,80	2,177	93,88	671,90	1,15
Предлагаемый метод	33,30	55,70	2,123	51,07	106,33	1,053
Отклонение, %	52,16	32,50	2,54	83,83	531,90	9,21

Анализируя результаты исследования, представленные в табл. 1, можно сделать следующие **выводы**:

1. Разработанная методика значительно уменьшает площади областей поиска положения центра кривой обрушения с минимальным значением коэффициента устойчивости в среднем на 42% для плотин высотой от 8 м до 10 м включительно, а для плотин высотой от 10 м до 25 м включительно – на 308%.

2. Предлагаемая методика расчета значительно уменьшает трудоемкость по определению минимального значения коэффициента запаса на устойчивость.

3. Значения коэффициентов запаса на устойчивость, определенных по существующей методике, дают завышенные значения в среднем на 2,5% – для плотин высотой от 8 м до 10 м включительно.

4. Значения коэффициентов запаса на устойчивость, определенных по существующей методике, дают завышенные значения в среднем на 9,2% – для плотин высотой от 10 м до 25 м включительно, что может привести к нарушению целостности водоподпорного сооружения и катастрофическим последствиям.

Литература

1. Гідротехнічні споруди. Основні положення. ДБН В.2.4-3:2010. – [чинний від 2011-01-01]. К.: ДП «Укрархбудінформ», 2010. – С. 37.
2. Гришин М.М. Гидротехнические сооружения / М.М. Гришин. – М.: Госстройиздат, ч. 1, 1954. – 217 с.
3. Гинсбург Л.К. Рекомендации по выбору методов расчета коэффициента устойчивости склона и оползневого давления / Л.К. Гинсбург. – М.: Центральное бюро научно-технической информации, 1986. – 123 с.
4. Janbu N. Slope Stability Computations. Embankment Dam Engineering – Casagrande Volume. / N. Janbu, R.C. Hirschfeld, S.J. Poulos, eds., John Wiley and Sons // New York.: б.н., 1973. – С. 47-86.
5. Bishop A.W. The use of the slip circle in the stability analysis of slopes / A.W. Bishop. – Geotechnique 5. 1954. – С. 7-17.
6. Кириенко И.И. Гидротехнические сооружения. Проектирование и расчет. Учеб. пособие. /И.И. Кириенко, Ю.А. Химерик // К.: Высшая школа, 1987. – 253 с.
7. Предложения по расчету устойчивости откосов высоких насыпей и глубоких выемок. М.: СоюздорНИИ, 1966. – 124 с.
8. Будівництво у сейсмічних районах України. ДБН В.1.1-12:2014. – [чинний від 2014-10-01]. К.: ДП «Укрархбудінформ», 2014. – 110 с.