

*к т.н. Иванова М.С.
(ДонГТУ, г. Алчевск, Украина)*

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ НА КОЭФФИЦИЕНТ УСТОЙЧИВОСТИ ОСНОВАНИЯ СЛОЖЕННОГО СТРУКТУРНО-НЕУСТОЙЧИВЫМИ ГРУНТАМИ

Робота присвячена дослідженню основ в складних інженерно-геологічних умовах, а також шляхів підвищення стійкості укосів, складених із структурно-нестійких ґрунтів.

***Ключові слова:** ґрунти, дослідження, методи розрахунку, стійкість, укоси.*

Работа посвящена исследованию оснований в сложных инженерно-геологических условиях, а также путей повышения устойчивости откосов, сложенных из структурно-неустойчивых грунтов.

***Ключевые слова:** грунты, исследования, методы испытания, устойчивость, откосы.*

Постановка проблемы.** Проблема **учета расположения сооружений** вблизи откосов сложенных структурно-неустойчивыми грунтами занимает ведущее место в экспериментально-теоретических исследованиях, а также при проектировании фундаментов научно-исследовательскими организациями. **Не маловажная проблема лежит в расположении сооружений в стесненных условиях и вблизи откосов, что может стать одной из причин увеличения степени аварийности, как показано на рисунке 1.

Одним из главных факторов, влияющих на оценку качества основания при проектировании фундаментов, является достоверность характеристик, входящих в состав расчетных формул. Неоднозначные заключения, получаемые при инженерных изысканиях чреваты последствиями. Особенно это относится к зданиям проектируемых на основаниях сложенных структурно-неустойчивыми грунтами, где малейшие отклонения приводят к значительным расходам на укрепление оснований и разрушающегося фундамента, взаимодействующего с сооружением. Либо ведет к приостановке строительных работ или полному их прекращению.



Рисунок 1– Общий вид аварийной ситуации, созданной структурно неустойчивыми основаниями откосного массива под собственной нагрузкой

Поэтому вопросы, задачи, решаемые, по повышению устойчивости оснований от действия фундаментов воспринимающих нагрузки от всего сооружения, являются первоочередными и достаточно актуальными.

Анализ последних достижений и публикаций. Все ранее проведенные исследования по устойчивости грунтов под заглубленными фундаментами, расположенными вблизи откоса были посвящены исследованию работоспособности грунтового массива при действии на них нагрузки в виде сооружений, расположенных вблизи откоса [1-4]. В этих работах были рассмотрены существующие способы и методы, прогнозирования поведения грунтов в основаниях во времени от действия на них дополнительной нагрузки.

Практически в полном объеме данную проблему за прошедшее время *позволили решить* предложенные усовершенствованные способы и методы исследования, разработанные по определению устойчивости грунтового массива. Однако, *для сооружений расположенных в стесненных условиях*, вблизи откосов, сложенных структурно-неустойчивыми грунтами, решены не достаточно.

Преимущество решаемой нами проблемы заключено в пришедшей на помощь вычислительной технике, позволившей обеспечить массивную обработку, с вероятностью возможного исключения внесения погрешности от влияния человеческого фактора при снятии информации и дальнейшей обработке расчетных показателей, входящих в состав расчетных формул [5]. А также, позволившей подтвердить достоверность получаемых результатов, обработанных по таблицам, графикам, номограм-

мам при сопоставлении с натурными испытаниями. Проведение непрерывных испытаний, поддержание действующей нагрузки на исследуемом реальном участке в режиме реального времени, повышает преимущество за счет применения рекомендуемого передвижного комплекса для определения деформационных свойств грунтов на базе ЭВМ [5].

Постановка задачи и ее решения. Цель всей работы состоит в повышении достоверности прочностных характеристик, получаемых экспериментальным путем, а также установлении предельной относительной величины коэффициента запаса по надежности и оценке несущей способности оснований, сложенных структурно-неустойчивыми грунтами под заглубленными фундаментами, расположенными вблизи откоса.

Решение поставленной задачи достигалось опытным путем и в лабораторных условиях на сыпучих грунтах.

Базовый вариант предусматривал проведение непрерывных испытаний, поддержание действующей нагрузки при исследовании в лабораторных условиях на установке для определения деформационных свойств грунтов приближенной к натурным условиям.

Новый вариант предусматривает моделирование нагрузки, передаваемой от сооружений, расположенных *в стесненных условиях* вблизи откоса, сложенного структурно-неустойчивыми грунтами в полевых условиях, в режиме реального времени.

Выделение нерешенных ранее частей общей проблемы, которым посвящается статья.

Для выяснения **необходимо** проведение соответствующих **расчетов**, которые позволят сравнить традиционные методы оценки расчета по устойчивости массива, сложенного структурно-неустойчивыми грунтами под действием на них нагрузки с предложенными.

Задача исследований осложняется в части установления предельной относительной величины коэффициента запаса по надежности *откоса* массива сложенного структурно-неустойчивыми грунтами.

В части создания рекомендаций позволяющих учитывать факторы, влияющие на параметры, при расчете несущей способности основания сложенного структурно-неустойчивыми грунтами для сооружений расположенных в стесненных условиях.

Отличие ранее известных методов от существующих состоит: в оценке расчета по устойчивости массива, сложенного структурно-неустойчивыми грунтами при действии на него нагрузки передаваемой от сооружений, расположенных вблизи откоса в стесненных условиях и в *моделировании реального основания* по заданным параметрам, в управлении процессом испытания с помощью ЭВМ. В усовершенствовании рекомендаций повышающих достоверность параметров, влияю-

щих на несущую способность основания в, частности, рекомендовать наиболее безопасное расположение сооружения от бровки откоса.

Исходя из проанализированных работ и справочных материалов по основаниям и фундаментам, где приводится достаточно способов по учету величин коэффициента устойчивости (K_y) при укреплении откосов, склонов с помощью обычных мероприятий, однако эти мероприятия не всегда приемлемы.

С повышением точности расчетов и с применением более рациональных значений требуемый коэффициент устойчивости должен снижаться. Так, в одной из своих работ [2] Н.Н. Маслов писал, что возникает вполне оправданное представление о возможности при закреплении действующих откосов и оползней ограничиваться лишь весьма небольшим превышением значения K_y над единицей. В большинстве случаев при подобных обстоятельствах оговаривается, что достаточно задаваться значениями K_y от 1,05 до 1,1. Такое предположение является спорным и требует уточнения путем получения наиболее достоверных данных.

Известны вариационные методы расчета, предложенные А.Д. Гиргидовым, М.Н. Гольдштейном, А.Г. Дорфманом, У.Х. Магдеевым и др. [3]. Сложность известных методов заключена в большом объеме вычислений, возможности внесения ошибок человеческим фактором, а усложнение расчетов в таких методах не оправдывается каким-либо уточнением результатов.

Основными недостатками существующих в настоящее время расчетных методов, является: отсутствие строгого анализа НДС грунтового массива; априорно принимаемых положений, что в приоткосной области вертикальные напряжения равны весу столба вышележащих пород, а горизонтальные составляют, примерно 1/3 от них (в зависимости от коэффициента бокового распора); расчет устойчивости откосов и склонов проводится с использованием только вертикальной составляющей напряжений и без учета таких важных характеристик грунтов, как коэффициент бокового распора и модуля упругости.

Указанные недостатки во многих случаях не позволяют достаточно точно и надежно определять их устойчивость. Требуют дальнейшего изучения и совершенствования методов расчета по устойчивости неоднородных откосов и склонов, с помощью которых можно было бы устанавливать влияние всех факторов, влияющих на их устойчивость.

К настоящему времени опубликовано большое количество работ, издано ряд методических указаний [1-4], посвященных исследованиям устойчивости нагруженных и свободных от нагрузок откосов и склонов, однако актуальность данной проблемы в связи с все увеличивающимся дефицитом свободных земельных площадей продолжает быть значимой.

Информации о установленной предельной относительной величине коэффициента запаса по надежности и оценке несущей способности основания сложенного структурно-неустойчивыми грунтами для сооружений расположенных в стесненных условиях, непосредственно в литературе, не достаточно.

Изложение основного материала исследования с полным обоснованием полученных научных результатов.

Задача исследований состояла в создании научной базы для разработки новых и усовершенствования существующих методов и технологий испытаний, а также установления предельной относительной величины коэффициента запаса по надежности и оценке несущей способности основания сложенного структурно-неустойчивыми грунтами. Где предлагается алгоритм определения общей устойчивости (K_y), откоса вдоль наиболее вероятной или известной поверхности смещения массива, методом суммирования частных значений по общеизвестной формуле [1-4]:

$$K_y = \sum_{i=1}^{i=n} \tau_{*i} / \sum_{i=1}^{i=n} \tau_i, \quad (1)$$

где K_y - коэффициент устойчивости;

n - количество привлеченных в расчете частных значений;

τ_i - частные значения величин касательных напряжений.

Если относительная величина коэффициента запаса $K_y < 1,10$ - это означает неустойчивое состояние клина. Причина объясняется в том, что формирующиеся клинья отличаются, между собой формой и размерами, составляющие отрезок, отсеченного участка и переходящего в общий клин. Данная задача решалась с применением общеизвестного графоаналитического метода расчета с помощью ЭВМ.

Эксперимент состоял в проверке предложенного метода расчета, представленного в виде алгоритма, который проводился в лабораторных условиях на крупномасштабной установке, где проводилось моделирование наиболее безопасного расстояния для расположения здания вблизи откоса. Цель опытов заключалась в применении метода в натуральных условиях с корректировкой заданных параметров условий и в управлении процессом испытания с помощью ЭВМ (материал освещен в работе [1]).

Требовалось перерасчетом (использовалась программа "SCAD v.7.27") и опытным путем подтвердить, что запланированное расположение сооружения выполнено на допустимом расстоянии.

Предварительным расчетом были получены поля точек и проведена интерполяция частных значений коэффициента устойчивости K_y ,

которые позволили получить эти величины и отразить их в виде построенных изолиний при $K_y = const$, (рисунок 2):

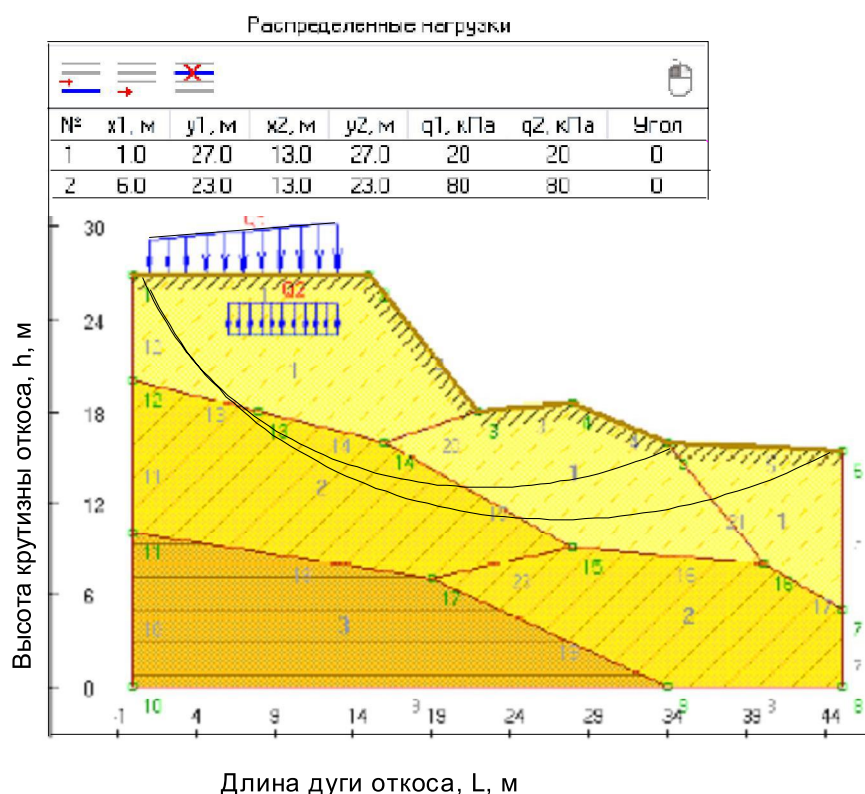


Рисунок 2—Расчетная схема по определению устойчивости основания от действия нагрузки от здания, расположенного вблизи откоса

За предельную допускаемую величину вводилась осадка, зависящая от поступающей величины давления, что позволяло с помощью автоматизированной системы управления процессом испытанием получить обратную связь на команду, «остановить» или «продолжить» процесс испытаний. По поступающим данным в результате корректировки давалась дальнейшая команда на «удаление объекта» от запланированного расположения сооружения или его «приближения» так, как относительная величина коэффициента запаса выведенного на дисплее показывала неустойчивое состояние массива i -клина, т.е. $K_y < 1,10$ [5].

Это позволило в дальнейших опытах:

- объективно выбрать положение поверхности вероятного откосного разрушения, соответствующее отсеченной линии устойчивости, (рисунок 3):

- оценить общую устойчивость откоса вдоль поверхности смещения в виде коэффициента устойчивости и запаса прочности $K_y = K_z$;

- обнаружить в массиве пород откоса зоны потенциальной неустойчивости, где: $K_y < 1$.

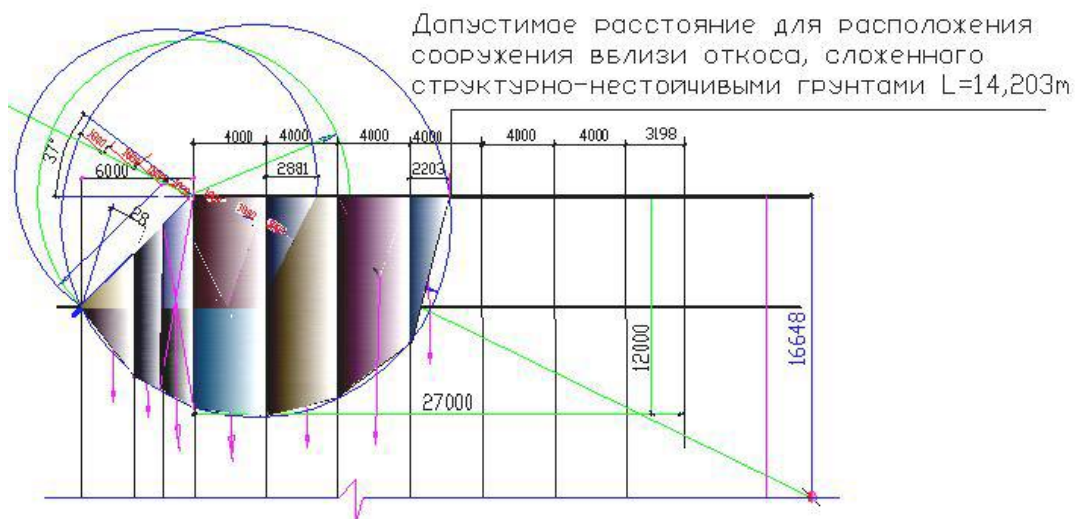


Рисунок 3—Расчетная схема по определению безопасного расстояния необходимого для расположения здания вблизи откоса

– оценить количественно степень влияния различных инженерно-геологических факторов на общую устойчивость (пригрузка, противоразрушающие мероприятия, снижение прочности пород, гидростатическое и гидродинамическое давления);

– построить графики номограммы, по частным значениям коэффициента устойчивости вдоль выбранной или известной поверхности смещения (рисунок 4 а, б).

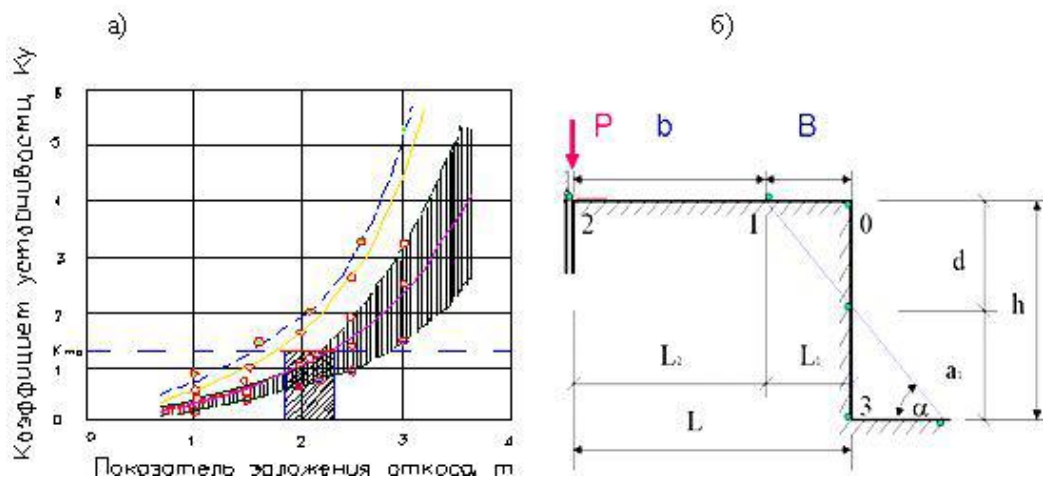


Рисунок 4—Номограмма (а) по определению коэффициента устойчивости в зависимости от прочностных характеристик и схема крутизны (б) откоса, h

Дальнейшие исследования показали, что для более достоверного определения требуемого значения коэффициента устойчивости основа-

ния, сложенного структурно-неустойчивыми грунтами $K_{тр}$ по прочности (первое предельное состояние) следует определять по выражению:

$$K_{тр} = \frac{K_n n_c n_o}{m_o}, \quad (2)$$

где K_n - коэффициент надежности по назначению сооружения [СНиП 2.02.01-83]; n_c - коэффициент сочетания нагрузок; $n_c=1,0,9$; n_o - коэффициент перегрузки; $n_o=1,1$, $n_o=1,2$; m_o - коэффициент условий работы; $m_o=0,9$ - для пылевато-глинистых грунтов в стабилизированном состоянии, $m_o=0,85$ - в нестабилизированном состоянии [1].

Опытами подтверждено, что в тех случаях, когда $K_n < 1$, а $K_{oy} \geq 1$, следует оценить величину деформации ползучести. Величину деформации ползучести необходимо определять за период равный началу изменения структурной прочности грунтового основания и его начала восстановления до улучшения примененными мероприятиями по упрочнению прочностных свойств грунтов по более достоверной информации о возможности несущей способности массива грунта.

Зная величину интервала коэффициента устойчивости, можно прогнозировать, по составленным номограммам (рисунок 4) при какой нагрузке и на, каком расстоянии от бровки откоса (рисунок 2, 3) необходимо располагать сооружение, чтобы не произошло обрушение, и предусмотреть мероприятия исключающие изменение структурной прочности грунтового основания с целью восстановления и улучшения прочностных свойств грунтов.

Опытами установлены, также, факторы, влияющие на распределение напряжений в приоткосных областях и устойчивость откосов сложенных структурно-неустойчивыми грунтами:

– физико-механические свойства грунтов, в том числе модуль упругости и коэффициент Пуассона грунтов;

– геологическое строение и геометрические характеристики откосов, влияющие на распределение напряжений в приоткосных областях и устойчивость откосов сложенных структурно-неустойчивыми грунтами.

Обнаружение зон вероятного разрушения и пластических деформаций ($K=1$) помогает правильно и целенаправленно организовать горные и буровые работы, отбор и испытание образцов, а также применить мероприятия, направленные на повышение устойчивости основания, сложенного структурно-неустойчивыми грунтами.

Выводы. В заключение можно сказать следующее.

1. Экспериментально и по собранной научной информации установлены факторы, влияющие на устойчивость откосов, сложенных структурно-неустойчивыми грунтами.

2. Предложенный метод позволяет обнаружить зоны вероятного разрушения и пластических деформаций ($K=1$), что помогает правильно и целенаправленно организовать горные и буровые работы, отбор и испытание образцов, а также применить соответствующие рекомендации или мероприятия, направленные на повышение устойчивости основания, сложенного структурно-неустойчивыми грунтами.

3. Рекомендуются величину деформации ползучести, определять за период равный началу изменения структурной прочности грунтового основания и его начала восстановления до улучшения примененными мероприятиями по упрочнению прочностных свойств грунтов по более достоверной информации о возможности несущей способности массива грунта.

4. Применение передвижного комплекса автоматизированного системой управления для проведения процесса испытания, а также снабженного алгоритмом воспринимающим информацию о получении изменений прочностных свойствах грунта, путем обратной связи на команду, «остановить» или «продолжить» процесс испытаний, повысит достоверность получаемых параметров, входящих в расчетные формулы по проектированию фундаментов.

Библиографический список

1. СНиП 2.02.02 - 85. *Основания гидротехнических сооружений [Текст] / Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. – 96 с.*

2. Тимофеева Л.М. *Анализ методов расчета устойчивости оползневых откосов [Текст] / Л.М. Тимофеева, М.Р. Тимофеев // Сергиевские чтения. Инженерная геология и охрана геологической среды. Современное состояние и перспективы развития. - М.: ГЕОС, 2004. - Вып.6. - С. 199-203.*

3. Бобрович А.С. *Определение коэффициента устойчивости склона с использованием метода круглоцилиндрической поверхности, учитывающего анизотропность грунта [Текст] / А.С. Бобрович // Вестник Воронежского государственного университета. – Воронеж, 2007. - Т.3. - С. 204-210.*

4. *Гидротехнические сооружения. Морские и речные порты: [сб. науч. трудов ОГСА / под ред. д.т.н., проф. Школа А.В.] [Текст]. – Одесса. - 1999. – С. 44-45.*

5. Иванова М.С. *Экспериментальная оценка возможности расположения сооружения вблизи откоса [Текст] / М.С. Иванова, А.П. Иванов // Будівельні конструкції. Міжвідомчий науково-технічний збірник. - К.: НДІБК, 2004. - Вип. 61. - Т.2. - С. 321-325.*

Рекомендовано к печати д.т.н., проф. Должиковым П.Н.