

МИНИСТЕРСТВО ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ СССР
ДНЕПРОПЕТРОВСКИЙ ИНСТИТУТ
ИНЖЕНЕРОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА
им. М. И. КАЛИНИНА

На правах рукописи

Инженер Л. К. ГИНЗБУРГ

**СТАБИЛИЗАЦИЯ ОПОЛЗНЕВЫХ СКЛОНОВ
УДЕРЖИВАЮЩИМИ КОНСТРУКЦИЯМИ
ГЛУБОКОГО ЗАЛОЖЕНИЯ**

Специальность № 05.23.02
«Основания, фундаменты и подземные сооружения»

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

(Диссертация написана на русском языке)

ДНЕПРОПЕТРОВСК
1975

**НТБ
ДНУЖТ**

На правах рукописи

Инженер Л. К. ГИНЗБУРГ

СТАБИЛИЗАЦИЯ ОПОЛЗНЕВЫХ СКЛОНОВ
УДЕРЖИВАЮЩИМИ КОНСТРУКЦИЯМИ
ГЛУБОКОГО ЗАЛОЖЕНИЯ

Специальность № 05.23.02

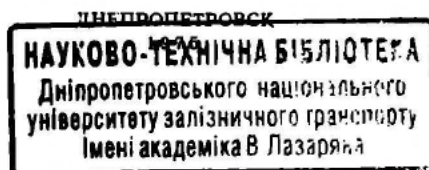
«Основания, фундаменты и подземные сооружения»

67849

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

(Диссертация написана на русском языке)



НТБ / жк
ДНУЖТ

Днепропетровский институт инженеров железнодорожного транспорта направляет Вам для ознакомления автореферат диссертации инженера Л. К. ГИНЗБУРГА.

Просим Вас и всех заинтересованных лиц Вашего учреждения принять участие в публичной защите диссертации или прислать свой отзыв, заверенный печатью учреждения, в 2-х экземплярах по адресу: 320010, г. Днепропетровск-10, ул. Университетская, 2, ДИИТ. Ученому секретарю.

Работа выполнена в Днепропетровском институте инженеров железнодорожного транспорта им. М. И. Калинина и в тресте Укргидроспецфундаментстрой.

Научный руководитель — доктор технических наук, профессор М. Н. ГОЛЬДШТЕИН.

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор Н. Н. ЕРМОЛАЕВ;
кандидат технических наук, доцент С. П. ГОРБАТОВ.

Ведущее предприятие — Тбилисский ГПИ Кавгипротранс.

Автореферат разослан « 10 » *сентября* 1975 г.

Защита диссертации состоится « 30 » *октября*

1975 г. на заседании Ученого Совета Днепропетровского института инженеров железнодорожного транспорта.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Ученый секретарь Совета

Л. Н. ЛЕБЕДИНЕЦ

НТБ
ДНУЖТ

Одним из важных вопросов, которые необходимо решать при строительстве на горных склонах и вблизи них, является вопрос успешной борьбы с оползновыми явлениями. Например, в самом начале строительства Байкало-Амурской железнодорожной магистрали возникли проблемы проектирования земляного полотна на косогорных участках и применения рациональных противооползневых мероприятий.

Применявшиеся до последнего времени меры борьбы с оползнями не всегда приводили к желаемым результатам, так как каждое в отдельности из этих противооползневых мероприятий не может устранить всю совокупность причин, вызывающих оползневое явление.

Поэтому нередко наиболее эффективным противооползневым мероприятием является механическое сопротивление движению земляных масс удерживающими элементами, заглубляемыми на расчетную величину ниже поверхности скольжения. Такие сооружения из глубоких свай (забивных, буронабивных) или столбов, объединенных тем или иным способом в единые системы, перегораживающие путь движения оползня, и названы автором противооползневыми удерживающими конструкциями глубокого заложения (рис. 1).

В разработку вопросов применения противооползневых свайных конструкций, также как и в общую теорию и практику расчетов устойчивости и укрепления оползневых склонов, большой вклад внесли советские ученые, проектировщики и строители Д. А. Баранов, А. И. Билеуш, А. С. Буслов, Н. М. Герсеванов, М. Н. Гольдштейн, Л. В. Грицюк, Г. Д. Давыдов, Б. И. Далматов, Э. М. Добров, А. Г. Дорфман, А. М. Дранников, Е. П. Емельянова, Н. Н. Ермолаев,

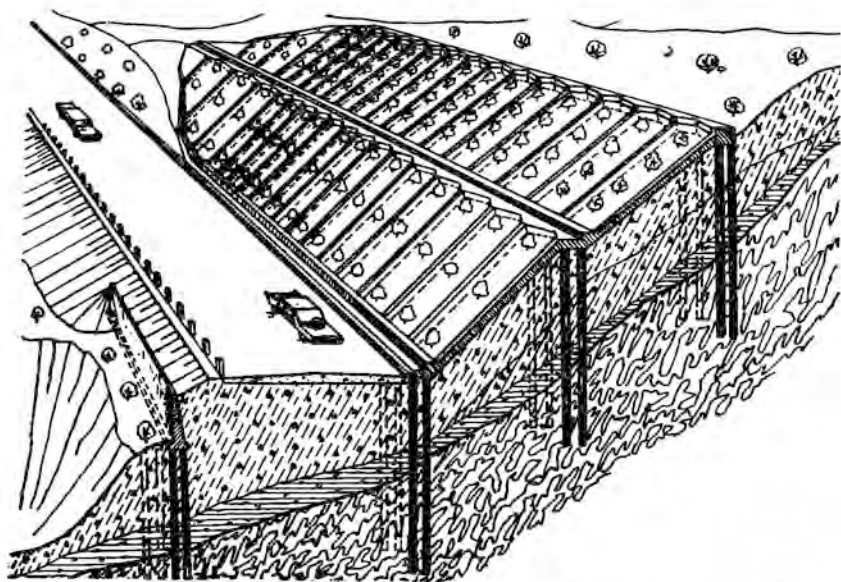


Рис. 1. Противооползневые удерживающие конструкции глубокого заложения.

И. Б. Корженевский, В. М. Костомаров, В. П. Кузнецов, Л. С. Лapidус, Н. Н. Маслов, В. В. Миничев, С. Н. Митурский, Г. Д. Неклюдов, Д. Е. Польшин, М. К. Рзаева, И. С. Rogozin, Ю. А. Соболевский, В. В. Соколовский, Ю. И. Соловьев, Г. В. Стрельцес, Б. Н. Тверской, Ю. Г. Трофименков, А. Я. Туровская, И. В. Федоров, Г. Л. Фисенко, В. И. Хазин, Н. А. Цытович, Р. Р. Чугаев, А. А. Чужмир, К. Ш. Шадунц, Г. М. Шахунянц, Л. П. Ясюнас и многие другие. Среди зарубежных исследователей необходимо отметить А. В. Бишопа, Г. Вейнхольда, Д. Н. Кринайна, Р. Б. Пентковски, А. В. Скемптона, К. Терцаги, В. Феллениуса, М. Е. Харра, Р. Г. Хеннеса, Г. П. Чеботарева, Э. Б. Эккеля и др.

Настоящая диссертация посвящена разработке методики проектирования и технологии устройства противооползневых удерживающих конструкций глубокого заложения. Положения, разработанные в диссертации, проверены более чем семилетней практикой проектирования и возведения противооползневых свайных конструкций, а также наблюдения за их работой. Оползневые склоны, укрепленные такими сооруже-

ниями, успешно используются для нужд народного хозяйства страны.

Диссертация содержит 248 стр. текста и состоит из введения, пяти глав, заключения и трех приложений.

Первая глава посвящена вопросу определения давления от неустойчивых масс грунта на склоне — так называемого оползневого давления. С этой целью автором проанализированы основные методы расчета устойчивости склонов и откосов: метод круглоцилиндрической поверхности скольжения, метод Ю. И. Соловьева, метод Р. Р. Чугаева, метод горизонтальных сил Маслова-Берера (метод Н. Н. Маслова), метод касательных сил (обычный метод), аналитический метод Г. М. Шахунянца, графоаналитический метод Г. М. Шахунянца, графостатический метод Л. Л. Перковского, метод блока и призм Б. К. Хоу, метод Л. П. Ясюнас, метод ДИИТа, методы определения давления от призмы обрушения по теории Кулона (для сравнения с величиной оползневого давления). Детальный анализ (с выполнением сравнительных расчетов) показал, что для проектирования удерживающих конструкций наиболее приемлемы методы Н. Н. Маслова (горизонтальных сил) и Г. М. Шахунянца (аналитический). Формулы оползневого давления, несколько преобразованные диссертантом, при определении по этим методам имеют вид:

метод Н. Н. Маслова

$$E_{он} = \sum_{i=1}^{i=n} [(K_y^3 - 1) P_i \operatorname{tg} \alpha_i + K_y^3 J_i \cos \beta_{\phi i} + K_y^3 Q_{ci} + P_i \operatorname{tg} (\alpha_i - \psi_{pi})] \quad (1)$$

метод Г. М. Шахунянца:

$$E_{он} = \sum_{i=1}^{i=n} [K_y^3 (P_i \sin \alpha_i + Q_{ci} + J_i) - (P_i \cos \alpha_i \operatorname{tg} \varphi_i + c_i l_i)] \cdot \frac{\cos \varphi_i}{\cos (\alpha_i - \varphi_i)} \quad (2)$$

Основные обозначения в этих формулах ясны из рис. 2. Остальные параметры означают следующее:

K_y^3 — заданный (требуемый) коэффициент устойчивости укрепляемого склона;

J_i = $a_i h_i \gamma_w \sin \beta_{\phi i}$ — гидродинамическое давление;

Q_{ci} = μP_i — сейсмическая сила (μ — коэффициент сейсмичности);

φ_i, c_i — прочностные характеристики грунта в уровне поверхности скольжения.

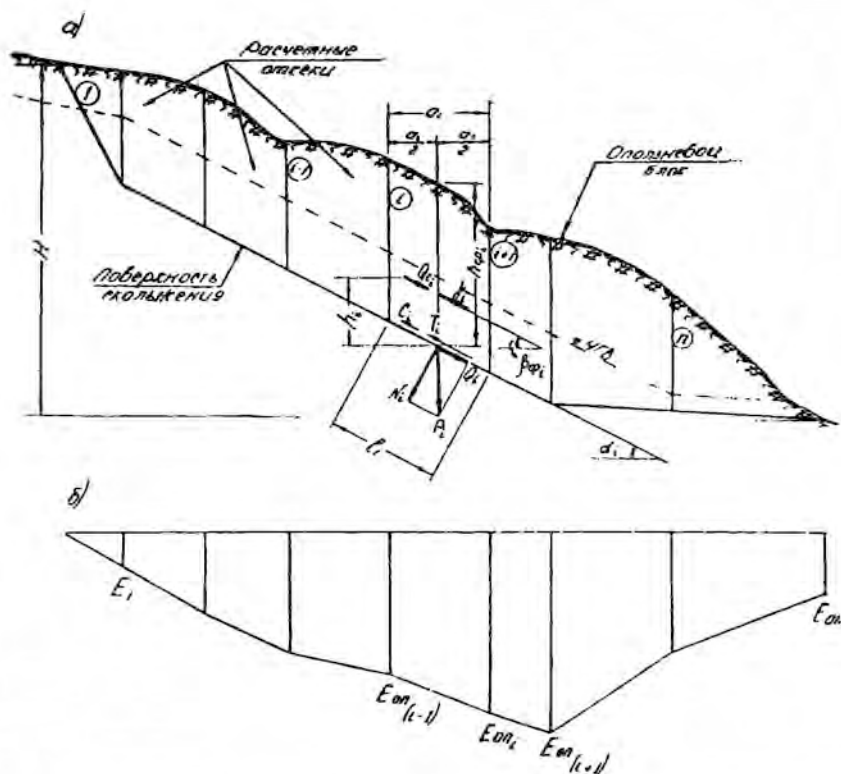


Рис. 2. Ускоренный метод расчета оползневой нагрузки:
 а — расчетная схема склона; б — эпюра оползневой нагрузки.

Указанные методы расчета весьма эффективны. Сооружения, рассчитанные на оползневую нагрузку, вычисленные данными методами, нормально эксплуатируются в течение ряда лет. При использовании ЭВМ вычисления по разработанным типовым программам требуют минимальных затрат. Однако, нередко еще приходится выполнять данные расчеты вручную (при отсутствии ЭВМ, сравнении вариантов, выполнении прикладных расчетов в процессе обследования оползней и т. д.), когда требуется быстрота вычислений и нет возможности выходить на машину. В таком слу-

чае формулу (2) выгодно применять в ином виде, полученном автором в первой главе диссертации:

$$E_{он} = \sum_{i=1}^{l-n} \lambda_i a_i \left[\gamma_i h_{ср.i} \left(e_{oi} - \frac{c_{oi}}{\gamma_i} + K^3_{y\mu} \right) + K^3_{y\omega} h_i \sin \beta_{\phi i} \right] \quad (3)$$

В этой формуле обозначены:

$$e_{oi} = K^3_{y\sin} \alpha_i - \cos \alpha_i \operatorname{tg} \varphi_i; \quad c_{oi} = \frac{c_i}{h_{ср.i} \cos \alpha_i}; \quad \lambda_i = \frac{\cos \varphi_i}{\cos (\alpha_i - \varphi_i)} \quad (4)$$

Для этих трех соотношений разработаны графики и таблицы (приведенные в приложении I диссертации), значительно облегчающие выполнение вычислений.

При расположении склона в несейсмическом районе и отсутствии грунтовых вод формула (3) еще более упрощается:

$$E_{он} = \sum_{i=1}^{l-n} \lambda_i P_i \left(e_{oi} - \frac{c_{oi}}{\gamma_i} \right) \quad (3a)$$

Этот прием вычисления оползневой нагрузки назван ускоренным способом расчета по методу Г. М. Шахунянца.

Для сравнения всех рассмотренных и полученных методов расчета по ним определены фактические коэффициенты устойчивости и оползневые нагрузки для пяти реальных склонов. Большой объем вычислительной работы выполнен с помощью ЭВМ «Минск-22М». На основании этих вычислений для всех склонов построены эпюры оползневой нагрузки типа представленных на рис. 3. Кроме того, из данных эпюр определены величины оползневой нагрузки для сечений I—I, в которых проектировались противооползневые удерживающие конструкции глубокого заложения. Эти величины, так же как и величины фактических коэффициентов устойчивости каждого склона, сведены в специальную таблицу. Детальный анализ всех полученных данных и сравнение их с экспериментальными величинами, а также учет общих расчетных предпосылок, положенных в основу каждого метода, и позволили сделать вывод о том, что для целей проектирования противооползневых удерживающих конструкций глубокого заложения наиболее приемлемыми являются методы Н. Н. Маслова и Г. М. Шахунянца. При выполнении расчетов вручную рекомендуется применять разработанный в диссертации ускоренный способ определения оползневой нагрузки с использованием графиков и таблиц.

КО-527

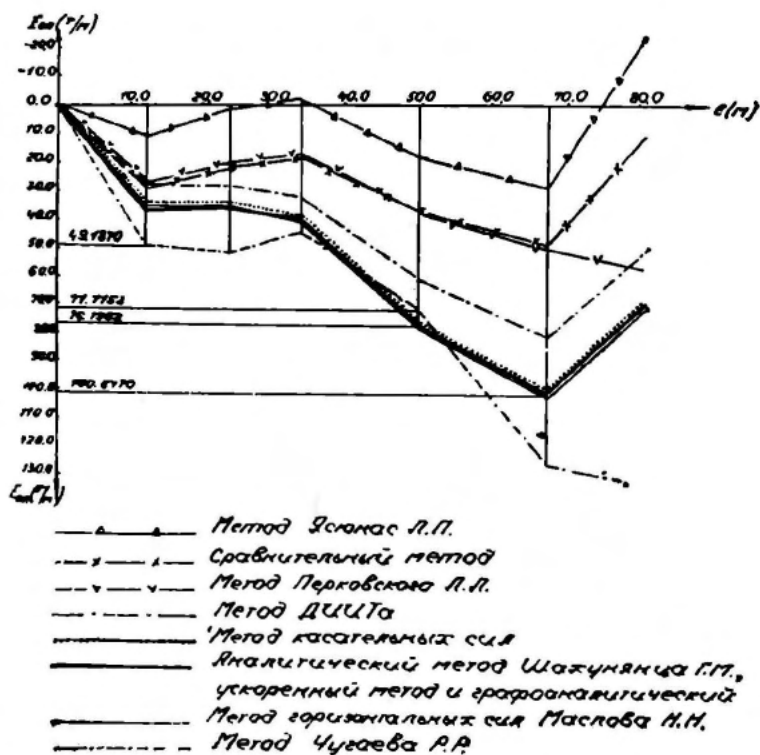
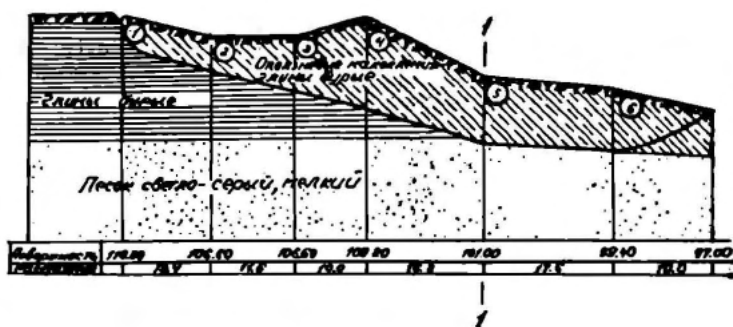


Рис. 3. Эпюры оползневое давления, рассчитанного различными методами.

Во второй главе решены дальнейшие основные вопросы проектирования удерживающих сооружений. Разработаны общие схемы расчета и конструирования. Показаны способы размещения противооползневых удерживающих конструкций в соответствии с полученными эпюрами оползневого давления.

Расчетное оползневое давление в сечении склона, в котором устанавливается противооползневое сооружение, действует на все удерживающие элементы (сваи или столбы) этой конструкции. В виде первого приближения принимается допущение о равномерном распределении оползневого давления между указанными элементами. Тогда последние с заключенным между ними грунтом работают совместно, как единая свайно-грунтовая стенка, и схему их работы можно представить в виде гипотетической модели, изображенной на рис. 4.

При введении такого допущения расчетная схема противооползневой удерживающей конструкции принимается в виде рамы, представленной на рис. 5.

Результаты расчетов влияют на выбор конструкции противооползневого сооружения. В диссертации приведены около десяти основных типов удерживающих конструкций, разработанных и внедренных автором.

Удерживающие элементы проектируются в виде свай забивных (при незначительной мощности оползневой толщи, в мягких породах) или буронабивных (в щебенистых и полускальных грунтах, в любых грунтах при значительной их мощности). При больших оползневых давлениях удерживающие элементы могут выполняться в виде столбов с прямоугольным сечением или сечением коробчатого типа (предложенной автором конструкции). При проектировании буронабивных свай весьма целесообразным является конструирование их с неравномерным расположением рабочих стержней арматуры в сечении (со стороны действия оползневого давления арматура ставится усиленной).

Чтобы не происходил сдвиг грунта между удерживающими элементами, критическое расстояние между ними может назначаться, исходя из предпосылок, основанных на теории арочного эффекта, разработкой которой занимались, в частности, К. Терцаги, М. М. Протодяконов, Н. А. Цытович, Г. П. Чеботарев, В. Л. Вэнг, Б. С. Иен и др. Теория эта гласит, что при смещении в сторону какой-либо части подземного ограждения происходит перераспределение давления со

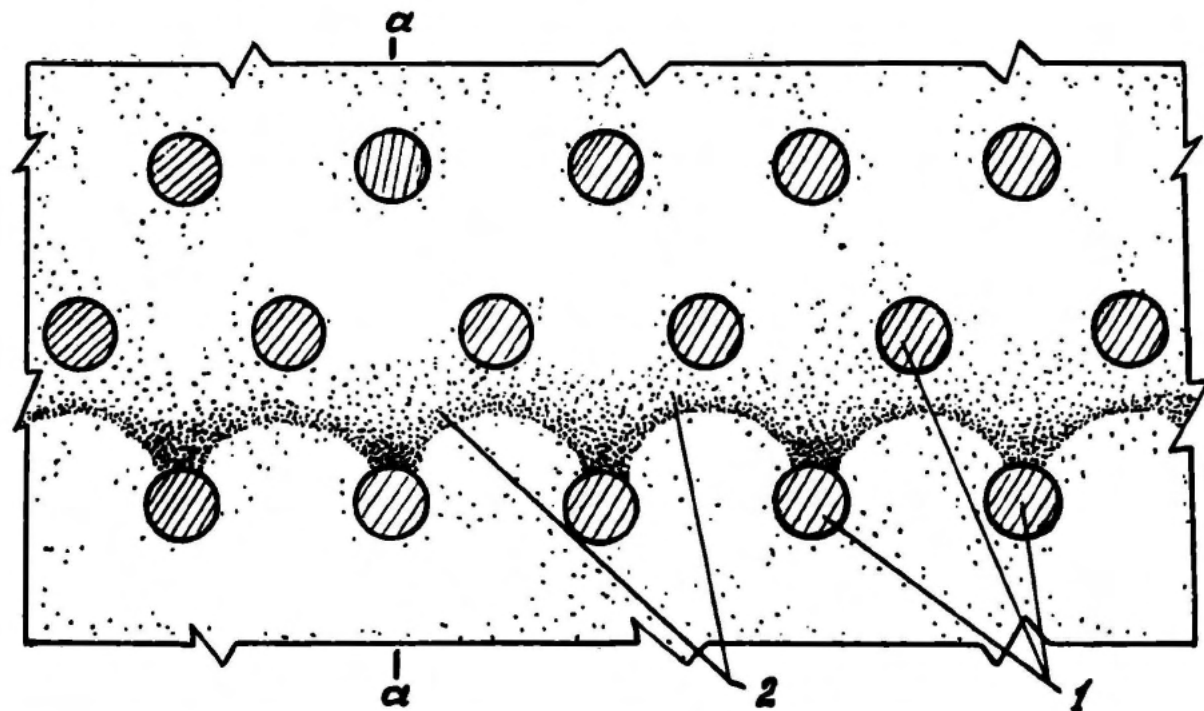


Рис. 4. Гипотетическая модель свайно-грунтовой стены
1 — удерживающие элементы; 2 — несущие грунтовые тела.

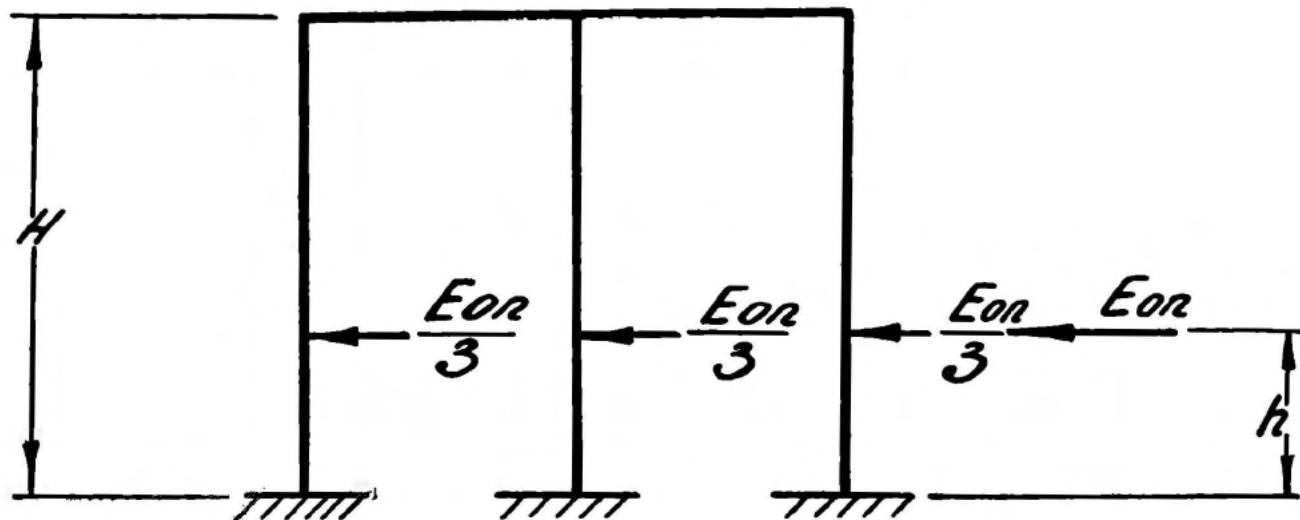


Рис. 5. Расчетная схема противооползневой удерживающей конструкции (схематический разрез по а-а на рис. 4).

смещающейся массы грунта на смежные с ней, остающиеся в покое части; при этом грунт над подающейся частью ограждения образует несущее тело. В рассматриваемой главе вводится допущение о том, что каждое несущее тело из грунта представляет собой свод с двухшарнирной аркой параболической формы. Для такой арки справедливы следующие зависимости:

реакция на опорах $R_v = \frac{q_0 b}{2}$; распор $R_h = \frac{q_0 b^2}{8f}$, где q_0 —

равномерно распределенная нагрузка на арку (по-сути — оползневое давление E_{on} на 1 п. м. склона); b — искомое расстояние между удерживающими элементами или пролет арки; f — стрела подъема арки и одновременно протяженность поверхности сцепления, т. е. расстояние, на котором сопротивление сдвигу эффективно.

Выражение для определения реакции R_v по теории прочности Мора-Кулона может быть представлено в виде:

$$R_v = R_h \operatorname{tg} \varphi_{cp} + c_{cp} h_{cp} f,$$

откуда получаем формулы для определения стрелы подъема предполагаемой арки:

$$f = \xi b, \quad \text{где } \xi = \frac{E_{on} + \sqrt{E_{on}^2 - 2E_{on} h_{cp} c_{cp} \operatorname{tg} \varphi_{cp}}}{4h_{cp} c_{cp}} \quad (5)$$

Здесь φ_{cp} , c_{cp} — средневзвешенные значения прочностных характеристик грунтов, слагающих оползневую толщу.

Основываясь на большом количестве практических случаев, а также на результатах выполненных экспериментальных работ, в диссертации введены определенные допущения о величине коэффициента заполнения пространства удерживающими элементами, о законе распределения оползневого давления по протяженности склона и расстоянию, на котором сцепление эффективно. Используя эти допущения и положение теории арочного эффекта о том, что полное давление на пролет между удерживающими элементами должно восприняться сопротивлением сдвигу по двум вертикальным поверхностям среза (см. рис. 6), составляем уравнение:

$$0,5 (E_{on} + 0,1 E_{on} \xi b \cos \alpha) b = 2 \left(\frac{E_{on} b}{8 \xi} \operatorname{tg} \varphi_{cp} + 0,75 c_{cp} h_{cp} \xi b \cos \alpha \right), \quad (6)$$

из которого после преобразований получаем формулу для определения критического расстояния между осями удерживающих элементов:

$$b = \frac{6\xi^2 c_{cp} h_{cp} \cos \alpha - E_{on} (2\xi - \operatorname{tg} \varphi_{cp})}{0,2 E_{on} \xi^2 \cos \alpha} \quad (7)$$

Расстояние между удерживающими элементами из условия арочного эффекта может приниматься при таком состоянии грунтового массива, при котором в нем возможно образование уплотненных зон. В случае пластического состояния оползневых накоплений расстояния между удерживающими элементами будут определяться условиями пластического продавливания грунта через промежутки между ними, что должно выражаться иными зависимостями по сравнению с теорией арочного эффекта.

Для нахождения таких зависимостей следовало подобрать выражение для величины критического напряжения, при превышении которого будет происходить продавливание грунта в промежутке между удерживающими элементами (сваями или столбами). Были проанализированы следующие выражения для этого напряжения, полученные ранее различными авторами (d — больший размер поперечного сечения удерживающего элемента):

$$\sigma_{кр} = 2c_{cp} \frac{d}{h} \quad (\text{Р. Г. Хеннес}); \quad \sigma_{кр} = c_{cp} \left(4 + 3 \frac{\varphi_{cp}^{\circ}}{10^{\circ}} \right) \quad (\text{ХабИИЖТ});$$

$$\sigma_{кр} = 4c_{cp} \frac{d}{b} \quad (\text{Н. Н. Маслов}); \quad \sigma_{кр} = 2c_{cp} \left(1 + \frac{\pi}{2} \right) \frac{d}{b} \quad (\text{Р. Хилл}).$$

Выполненные с помощью центробежного моделирования эксперименты показали, что наиболее близкое совпадение с опытом дает формула Р. Хилла, основанная на применении методов теории пластичности (приближаются к этим результатам и величины, полученные по формуле Н. Н. Маслова).

При принятии за основу формулы Р. Хилла, в результате определенных выводов, получается выражение для определения критического расстояния между удерживающими элементами:

$$b = \frac{2h_{cp} d c_{cp} \left(1 + \frac{\pi}{2} \right)}{E_{on}} \quad (8)$$

Выполненные автором испытания моделей на большой центробежной машине ДИИТа, а также опыт проектирования удерживающих конструкций в различных грунтовых условиях позволили разработать в диссертации классифи-

кацию грунтов с точки зрения применения к ним теорий арочного эффекта и пластичности. Классификация отражает виды грунтов, их характеристики, наличие включений, возможность перехода в пластическое состояние и т. д. Здесь же приведем лишь основные критерии для применения полученных формул: при показателе консистенции $V \leq 0,4$ и угле внутреннего трения $\varphi \geq 4^\circ$, как правило, следует пользоваться формулой (7); при $V > 0,4$ или $\varphi < 4^\circ$ — формулой (8).

В табл. 1 приведено сравнение величин критического расстояния между удерживающими элементами, вычисленного различными методами, с результатами экспериментов. В общее сравнение включена и формула Г. Л. Фисенко, основанная на определении усилия, требующегося для преодоления трения вдоль боковой грани уплотненного клина породы, обрывающегося перед сваей.

Таблица 1.

№ п/п	Характеристика склона						Метод определения критического расстояния (м)				
	E _{ов} кН/м	h _{ор} м	C _{ср} МПа	φ _{ср} град	α град	d м	по формуле Фисенко	по предлагаемым формулам		опытные данные	место испытаний (склоны обознач. условн. шифрами)
								(7) (теория арочного эффекта)	(8) (теория пластичности)		
1	241	4,25	0,030	10	35	0,7	0,787	3,620	1,900	3,90	
2	482	4,25	0,030	10	35	0,7	0,473	1,620	0,950	1,85	Центробежное моделирование
3	482	4,25	0,020	4	35	0,7	0,270	1,010	0,635	1,10	
4	241	4,25	0,015	2	35	0,7	0,325	1,290	0,950	1,00	
5	674	4,25	0,031	5°10'	35	0,7	0,298	1,140	0,702	1,20	
6	700	8,00	0,015	12	9	0,7	0,480	1,730	0,620	2,00	КТ-1858
7	732	5,00	0,010	8	17	0,7	0,227	0,650	0,246	—	КТ-1859
8	244	5,00	0,010	8	17	0,7	0,425	1,900	0,740	2,00	КТ-1859
9	707	6,90	0,010	14	—4	0,4	0,240	0,840	0,200	1,00	НР-2

Далее в данной главе разработан метод расчета удерживающих элементов на действие горизонтальной силы.

Определением величины горизонтальной нагрузки, выдерживаемой сваей (столбом), занимался ряд советских ученых. Среди них следует отметить исследования В. Г. Березанцева, Г. И. Глушкова, В. Н. Голубкова, С. П. Горбатова, Б. Н. Жемочкина, К. С. Завриева, Н. В. Лалетина,

Н. С. Метелюка, В. С. Миронова, А. И. Прудентова, И. А. Симвулиди, Н. К. Снитко, Г. Ф. Шишко, Г. С. Шпиро и др.

Для расчета удерживающих элементов принята методика расчета опор глубокого заложения на горизонтальную нагрузку, применяющаяся при проектировании транспортных сооружений (К. С. Завриев, Г. С. Шпиро и др.). При этом получены дополнительные необходимые параметры, исходя из предложенной в диссертации расчетной схемы противооползневой элемента (рис. 7). На основании экспериментальных исследований получены данные для расчета конструкций в полудискальных, щебеннистых и некоторых других грунтах, ранее нигде не приводившиеся. Уточнены значения коэффициента пропорциональности m (составлена таблица его величин для различных грунтов). Получены способы определения значений нормативного сопротивления грунта R_z при расчете противооползневых удерживающих конструкций глубокого заложения.

При приведенной глубине удерживающего элемента $\bar{h}_1 \leq 2,5$ напряжения в грунте σ_z с достаточной для практики точностью можно определять в предположении о бесконечно большой жесткости свай ($EJ = \infty$), что существенно упрощает расчеты. Для буронабивных свай и столбов, имеющих большие размеры поперечных сечений, такой прием наиболее оправдан. Упрощение основных формул расчета дало возможность получить в диссертации выражение для непосредственного ориентировочного определения глубины заложения удерживающего элемента ниже поверхности скольжения:

$$h_1 \geq \frac{5Q_0 + \sqrt{25Q_0^2 + 36M_0 b_p R_z}}{3b_p R_z}, \quad (9)$$

где R_z рекомендуется принимать для точки, находящейся на глубине 1,5 м от поверхности скольжения, с учетом грунта, находящегося выше этой поверхности; b_p — расчетная ширина сечения удерживающего элемента.

Выполненные автором испытания тензометрических свай показывают, что предложенная формула (9) дает результаты, достаточно близко совпадающие с экспериментальными данными, что видно из табл. 2, в которой проведено сравнение предлагавшихся различными авторами методов расчета глубины заложения удерживающих элементов (на примере опытных свай № 82 и 83).

64840

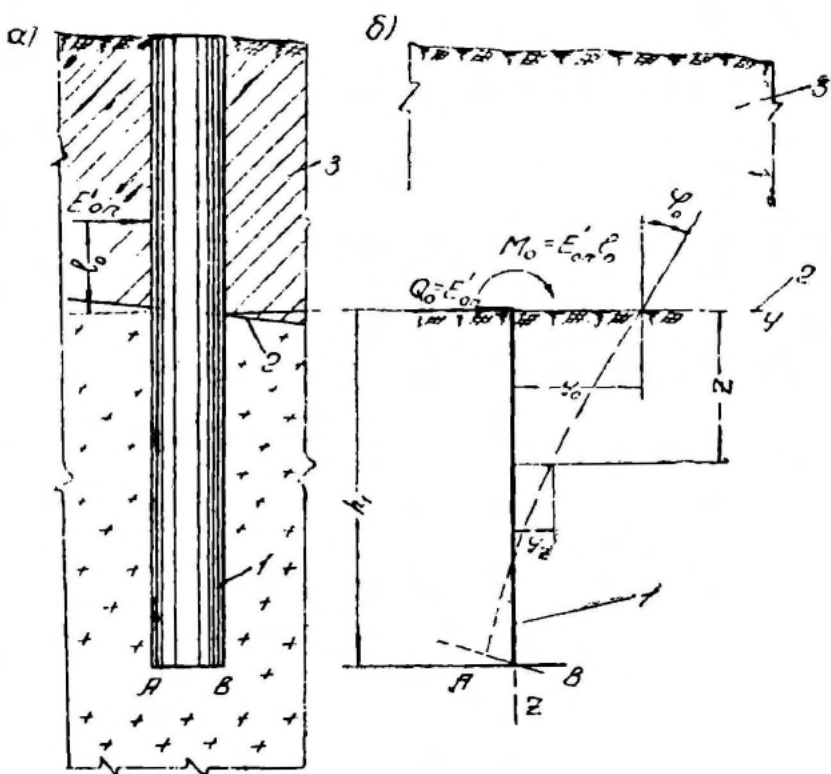


Рис. 7. Удерживающий элемент противооползневой конструкции:

- а — элемент в натуре; б — расчетная схема;
- 1 — удерживающий элемент (свая или столб);
- 2 — расчетная поверхность устойчивого грунта (поверхность скольжения);
- 3 — смещающийся грунт (оползневая толща).

2. 3364.

НАУКОВО-ТЕХНІЧНА БІБЛІОТЕКА
 Дніпропетровського національного
 університету залізничного транспорту
 Імені академіка В.Лазаряна

НТБ
ДНУЖТ

Таблица 2

Номер свай	h ₁ , м							По форму- ле (9)	По- испы- танию тензо- свай
	По Г. Л. Фисен- ко и др.	По Д. А. Лео- нарду	По Э. Б. Экке- лю	По В. С. Миро- нову	По Б. Н. Же- мочки- ну	По К. С. Зав- риву и Г. С. Шпиро			
№ 82	1,20	2,20	1,35	4,00	2,80	3,80	2,20	2,15	
№ 83	2,10	2,20	1,05	5,00	4,00	4,40	4,30	4,08	

Испытания тензометрических свай позволили также проверить общую методику расчета удерживающих элементов на горизонтальную нагрузку. На рис. 8 приведены результаты испытания одной из таких свай. Как видно из этого рисунка, опытные величины нигде не превосходят теоретические (за исключением точек появления местных напряжений от действия домкрата). Формы экспериментальных эпюр достаточно хорошо согласуются с теоретическими. Максимальные величины усилий близко совпадают (разница составляет не более 15%).

В третьей главе разработаны способы расчета сечений удерживающих элементов на срез и на изгиб.

При проверке железобетонных сечений на срез используется метод расчета по нормативным напряжениям и применяется обычная формула сопротивления упругих материалов:

$$Q \leq R_{cp} F_{пр}. \quad (10)$$

Метод расчета на прочность при изгибе железобетонного сечения сплошной круглой формы (с неравномерным и равномерным расположением арматуры по окружности) в диссертации разработан заново, поскольку такой проверки в нормативной литературе не существует. Для изгибаемого элемента, представленного на рис. 9 (типичное сечение буронабивной сваи), составим уравнение равновесия внутренних сил:

$$R_a F_a^p - R_{ac} F_a^c = R_n F_b \quad (11)$$

Путем подстановки значения площади сечения сжатой зоны бетона (площади кругового сегмента) получаем уравнение:

$$2\alpha_k - \sin 2\alpha_k = A, \quad (12)$$

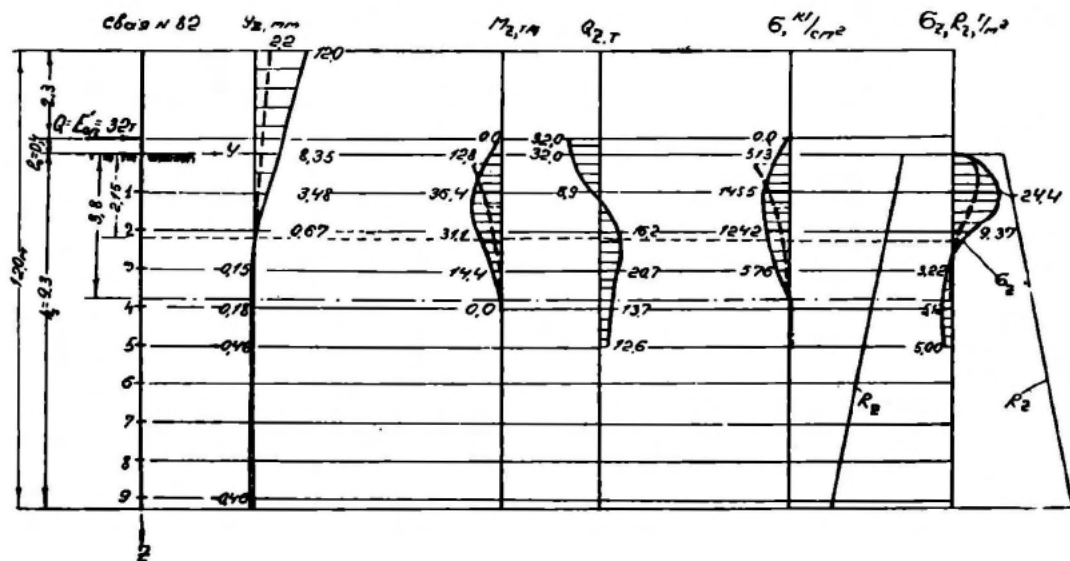


Рис. 8. Результаты расчета удерживающего элемента на горизонтальную нагрузку (опытная свая № 82).
 19 Сплошными линиями показаны расчетные эпюры; пунктирными — экспериментальные.

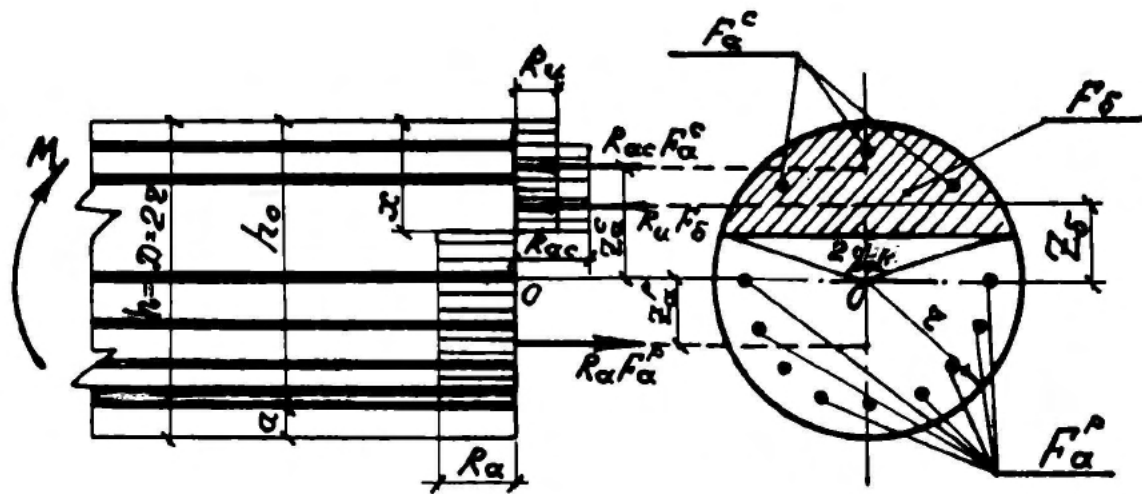


Рис. 9. Схема распределения напряжений и усилий в поперечном сечении элемента.

где

$$A = \frac{2(R_a F_a^p - R_{ac} F_a^c)}{R_n r^2} \quad (13)$$

Уравнение (12) является трансцендентным и не имеет аналитического решения. Поэтому оно решено численно методом подбора (с помощью ЭЦВМ «Промінь») по тридцати значениям A . На основании этих решений построен график зависимости угла α_k от A (рис. 10), которым можно пользоваться при практических расчетах.

Формула расчета элемента на изгиб, как обычно, должна отражать требование, чтобы момент внешних сил не превышал момента внутренних сил. Последний берем относительно оси 0—0:

$$M \leq k(R_n F_b z_b + R_{ac} F_a^c z_a^c + R_a F_a^p z_a^p), \quad (14)$$

где $k=0,95$ — поправочный коэффициент, определенный с помощью экспериментальных исследований.

Определив и подставив в неравенство (14) значения плеч z_b , z_a^c и z_a^p , после определенных преобразований, получаем формулу для расчета сечения на изгиб:

$$M \leq k \left[\frac{2}{3} R_n r^3 \sin^3 \alpha_k + f_a (R_{ac} \Sigma z_1^c + R_a \Sigma z_1^p) \right], \quad (15)$$

где f_a — площадь сечения стержней рабочей арматуры;
 z_1^c , z_1^p — кратчайшие расстояния центров сечений отдельных стержней до оси 0—0.

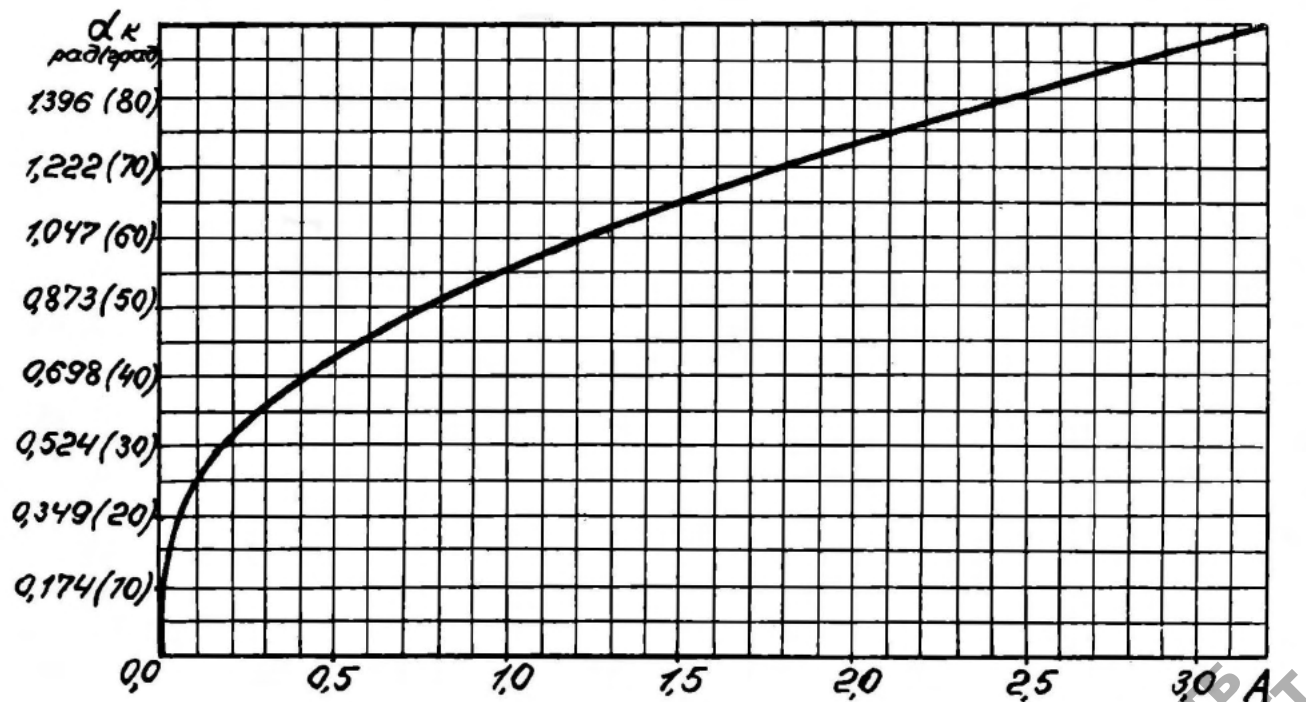
В случае равномерного распределения рабочей арматуры по длине окружности формула (15) применяется в преобразованном виде:

$$M \leq \frac{k}{\pi} \left[\frac{2}{3} F R_n r \sin^2 \alpha_k + F_a (R_a + R_{ac}) r_a \right] \sin \alpha_k, \quad (16)$$

где $F = \pi r^2$ — площадь полного железобетонного сечения;
 r_a — радиус оси расположения стержней арматуры.

Выведенные формулы справедливы, если несущая способность изгибаемого элемента соответствует одновременному разрушению бетона и арматуры, начинающемуся с текучести арматуры. Такой характер разрушения получается, если в железобетонных элементах сжатая зона бетона ограничивается определенными пределами. Теоретический анализ показал, что для рассматриваемого железобетонного сечения сплошной круглой формы сжатая зона должна быть ограничена пределами:

$$\alpha_k \leq 90^\circ \quad (17)$$

Рис. 10. График зависимости угла α_k от A .

Это условие подтверждено результатами выполненных автором испытаний буронабивных свай горизонтальной статической нагрузкой.

В этой же главе разработан способ расчета железобетонного изгибаемого элемента с сечением сплошной круглой формы по раскрытию трещин.

Четвертая глава диссертации посвящена исследованию вопросов технологии устройства противооползневых удерживающих конструкций глубокого заложения.

Подробно описывается технология изготовления буронабивных свай в полускальных и крупнообломочных породах. Буронабивные сваи, которые начали наиболее широко применяться в качестве удерживающих элементов, до этого устраивались лишь в мягких грунтах. Однако, одними из первых районов, в которых начали применяться противооползневые удерживающие конструкции глубокого заложения, были оползневые склоны Черноморского побережья Крыма и Кавказа, где, как известно, наиболее широко распространены полускальные породы и крупнообломочные грунты. Для изготовления буронабивных свай в таких условиях потребовалось использовать буровые станки ударно-канатного действия. Ввиду специфики их работы, отличающейся от агрегатов вращательного бурения, необходимо было коренное усовершенствование существовавшей ранее технологии изготовления буронабивных свай. В результате отработки всех этапов устройства свай, модернизации имевшихся буровых станков, создания новых узлов и деталей, изучения режима их работы, исследования устойчивости стенок скважин в процессе изготовления свай и т. д. была создана новая технология, подробно излагаемая в рассматриваемой главе.

В этой же главе перечислены основные узлы и приспособления, разработанные и внедренные в процессе отработки технологии устройства буронабивных свай. В частности, описана новая конструкция бетонолитной трубы с быстро-разъемными малогабаритными соединениями секций между собой (а. с. № 354064).

В заключение четвертой главы приведен разработанный автором общий порядок производства работ при возведении противооползневых удерживающих конструкций глубокого заложения.

В пятой главе описаны выполненные диссертантом экспериментальные исследования.

Испытания опытных свай горизонтальной статической на-

грузкой выполнялись в соответствии с действующим стандартом. В работе, в табличной форме, приведены результаты основных 47 испытаний свай (24 буронабивные сваи и 23 забивные). При выполнении этих испытаний решались следующие задачи: определение несущей способности свай на горизонтальную нагрузку и сравнение ее с расчетной величиной; определение средних значений максимальной величины нормативного сопротивления грунта R_z по длине свай; проверка достаточности глубины заложения опытных свай; получение значений коэффициента пропорциональности m ; фиксация прогибов свай, соответствующих ее несущей способности; проверка методики расчета ствола свай на срез, прочность при изгибе и трещиностойкость.

Испытания тензометрических свай позволили получить реальную картину распределения напряжений в удерживающем элементе и косвенно замерить появляющиеся в склоне величины оползневых давлений. Каждая тензосвая представляла собой металлическую трубу длиной 12 м и диаметром 630 мм с наклеенными внутри, на двух диаметрально противоположных сторонах, через равные промежутки по длине, проволочными тензометрическими датчиками сопротивления (тензорезисторами). Такая тензосвая опускалась в заранее пробуренную скважину, нижняя часть которой вокруг свай заполнялась цементным раствором. Тарировка тензосвай производилась с помощью изготовленной балки равного сопротивления из материала трубы. В результате строились графики тарировки, по которым осуществлялся перевод показаний сопротивления тензодатчиков в напряжения в материале трубы.

Основной целью выполнявшегося в процессе исследований центробежного моделирования являлось определение критических расстояний между удерживающими элементами, при которых начинается продавливание грунта. Схема одного из откосов, моделировавшегося на центробежной машине ДИИТа, представлена на рис. 11. Расстояние между элементами в ряду варьировалось — от расстояния, значительно меньшего получаемого по формуле (7), до расстояния, при котором начиналось продавливание грунта при той же скорости вращения центрифуги (то есть при том же оползневом давлении). Таким образом устанавливалось критическое расстояние.

Для оценки технической эффективности применения противоползневых удерживающих конструкций глубокого зало-

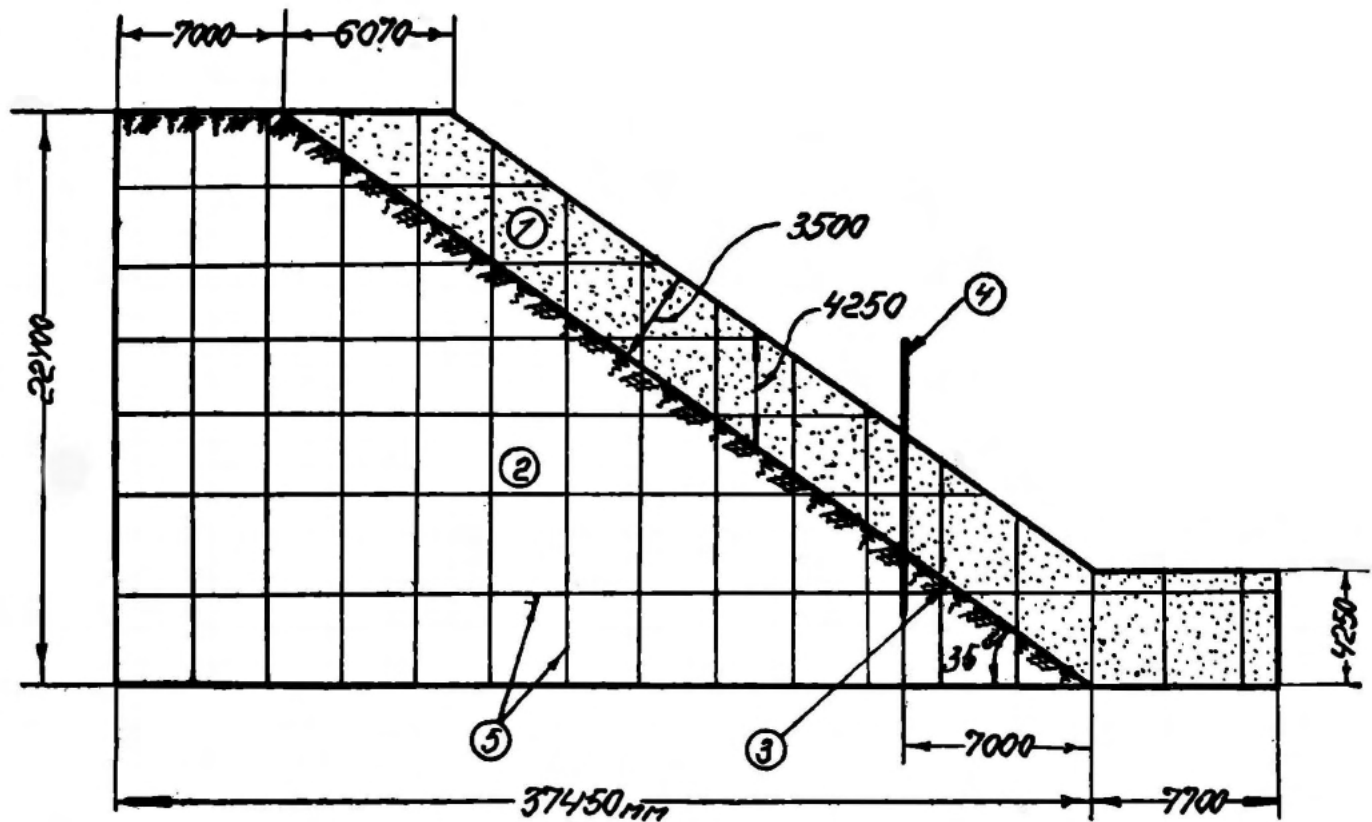


Рис. 11. Схема откоса, моделировавшегося на центробежной машине ДИИТа.

1 — грунт оползневой толщи; 2 — устойчивый грунт (в модели — алебастр); 3 — поверхность скольжения; 4 — удерживающие элементы; 5 — сетка вертикальных и горизонтальных линий, наносившихся на большинство моделей.

жения на участках их устройства под руководством автора ведутся длительные геодезические наблюдения за поведением укрепленного грунтового массива. В течение около семи лет смещений как по вертикали, так и по горизонтали не обнаружено (данные наблюдений приведены в таблице в пятой главе диссертации). Характерно, что, как показывают замеры, стабилизация активных оползней начинается еще до полного завершения возведения удерживающей конструкции. Деформация построенных удерживающих сооружений (рис. 12) не наблюдается.



Рис. 12. Построенная противооползневая удерживающая конструкция глубокого заложения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. На основании разработки и внедрения метода закрепления оползневых склонов удерживающими свайными сооружениями доказана его технико-экономическая эффективность. Таким способом укреплено уже более 30-ти оползневых участков в Крыму, на Кавказе, в Львовской и Харьковской областях и т. д. Эффект от применения этих сооружений составил более 1 млн. руб.

2. Основным результатом выполненного исследования явилось получение общей методики проектирования противооползневых удерживающих конструкций глубокого заложения.

3. В результате анализа существующих решений для определения оползневого давления при проектировании рекомендованы методы Н. Н. Маслова и Г. М. Шахунянца. Кроме того, в диссертации разработан ускоренный способ расчета оползневого давления.

4. Предложены общие схемы расчета и конструирования противооползневых удерживающих конструкций глубокого заложения, принята основная гипотетическая модель свайно-грунтовой стены.

5. Получены формулы для определения критических расстояний между удерживающими элементами из условия непродавливания грунта оползневой толщи. Такие формулы в диссертации выведены на основе теории арочного эффекта и на основе теории пластичности. Показаны границы применимости каждой из этих формул.

6. Впервые показан способ расчета удерживающих противооползневых элементов как опор глубокого заложения. Для этого введена новая расчетная схема, экспериментально получены дополнительные параметры, решены вопросы построения эпюр основных усилий в удерживающих элементах. Кроме того, получен способ определения глубины заложения элементов в устойчивые грунты.

7. Для проверки круглых железобетонных сечений удерживающих элементов (буронабивных свай) разработана новая методика их расчета на прочность при изгибе. Получены способы такого расчета и для случаев неравномерного армирования элементов по периметру. Одновременно показан способ расчета круглых сечений по раскрытию трещин.

8. В диссертации детально разработана технология устройства противооползневых удерживающих конструкций

глубокого заложения. Указанная технология апробирована на строительстве большого количества объектов.

9. Основные полученные в работе теоретические положения проверены экспериментально. Опыты проводились путем испытания натуральных свай, тензометрических свай и центробежного моделирования. Важным этапом экспериментальных исследований явились инструментальные наблюдения за построенными противоположными удерживающими сооружениями и укрепленными ими склонами. Результаты таких наблюдений (проводившихся в течение нескольких лет) подтвердили отсутствие деформаций укрепленных участков, что несомненно говорит об эффективности стабилизации оползневых склонов рекомендуемым в настоящей диссертации методом.

10. Метод стабилизации оползневых склонов удерживающими конструкциями глубокого заложения может эффективно применяться при следующих условиях: в грунтах оползневой толщи, которые не могут перейти в текучее состояние; при мощности смещающихся масс не более 12 м; при крутизне склона не более 45°; в случаях, когда грунтовая толща ниже поверхности скольжения является заведомо устойчивой.

11. Противооползневые удерживающие конструкции глубокого заложения следует рекомендовать к более широкому внедрению во всех отраслях строительства.

Автор выражает благодарность научно-исследовательской лаборатории механики грунтов ДИИТа (научный руководитель проф. М. Н. Гольдштейн) за помощь, оказанную при проведении экспериментов, и тресту «Укргидроспецфундаментстрой» (управляющий инж. Г. Д. Давыдов), внедрившему значительный объем свайных удерживающих конструкций, за содействие при выполнении всех исследований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНО В РАБОТАХ:

1. Гинзбург Л. К., Лисицын Г. Л. Фундаменты опор автодорожного моста на буровых сваях с уширенным основанием. «Транспортное строительство», № 1, 1963.

2. Овчаренко А. Г., Гинзбург Л. К., Коваль В. Е. Устройство буронабивных свай глубокого заложения. «Механизация строительства», № 4, 1969.

3. Давыдов Г. Д., Гинзбург Л. К. Укрепление оползневых склонов буронабивными сваями. «Механизация строительства», № 9, 1969.
4. Гинзбург Л. К. Учет арочного эффекта при расчете удерживающих свай на оползнях. «Материалы юбилейной научно-технической конференции института». ДИИТ. Днепропетровск, 1970.
5. Гинзбург Л. К. Расчет на прочность ствола буронабивных свай. «Основания, фундаменты и механика грунтов», № 2, 1971.
6. Гинзбург Л. К., Макогоненко К. П., Миничев В. В. Применение буронабивных свай в условиях Севастополя. «Промышленное строительство и инженерные сооружения», № 4, 1971.
7. Гинзбург Л. К. Удерживающие свайные конструкции при строительстве на оползневых склонах. «Основания, фундаменты и механика грунтов. Материалы III Всесоюзного совещания». «Будівельник», Киев, 1971.
8. Гинзбург Л. К., Миничев В. В. Новая технология по устройству буронабивных свай для крепления оползневых склонов в условиях Крыма. «Опыт организации свайных работ в строительстве». Изд-во «Промінь». Днепропетровск, 1971.
9. Гинзбург Л. К. Применение противооползневых удерживающих конструкций из буронабивных свай. «Транспортное строительство», № 12, 1972.
10. Гинзбург Л. К. и др. Секция сборной бетонлитной трубы. Авт. свид. № 354064. Бюллетень № 30, 1972.
11. Оперштейн В. Л., Гинзбург Л. К., Коваль В. Е., Овчаренко А. Г. Устройство буронабивных свай в сложных гидрогеологических условиях. «Промышленное строительство», № 5, 1973.
12. Вильголенко А. М., Коваль В. Е., Гинзбург Л. К. Устройство в грунте сплошной ограждающей стены. «Промышленное строительство и инженерные сооружения», № 6, 1973.
13. Рекомендации по возведению заглубленных сооружений и конструкций методом «стена в грунте». НИИСП Госстроя УССР, НИИСК Госстроя СССР, Укрглавспецстрой Минмонтажспецстроя УССР и др. Печатная типография НИИСП. Киев, 1973.
14. Гинзбург Л. К. Метод механического закрепления оползневых склонов. «Закрепление и уплотнение грунтов в строительстве. (Материалы VIII Всесоюзного совещания)». «Будівельник». Киев, 1974.
15. Гинзбург Л. К. Расчет оползневого давления с учетом влияния сеймики и гидродинамической силы. «Транспортное строительство», № 9, 1974.
16. Гинзбург Л. К., Миничев В. В. Устойчивость оползневых склонов, укрепленных буронабивными сваями. «Промышленное строительство и инженерные сооружения», № 3, 1974.

17. Тверской Б. Н., Шадунц К. Ш., Гинзбург Л. К. Борьба с оползнями на горных склонах. «Транспортное строительство», № 1, 1975.

18. Гинзбург Л. К. Расчет расстояния между удерживающими элементами на оползнях. «Промышленное строительство и инженерные сооружения», № 5, 1975.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ ОСВЕЩЕНЫ ДИССЕРТАНТОМ В СЛЕДУЮЩИХ ДОКЛАДАХ:

1. Гинзбург Л. К. Учет арочного эффекта при расчете удерживающих свай на оползнях. Юбилейная научно-техническая конференция Днепропетровского института инженеров транспорта. Днепропетровск. 18 апреля 1970 г.

2. Гинзбург Л. К. Новая технология по устройству буронабивных свай для крепления оползневых склонов в условиях Крыма. Всесоюзная школа передовых методов организации труда и механизации при производстве свайных работ. Днепропетровск. 19 сентября 1971 г.

3. Гинзбург Л. К. Применение противооползневых удерживающих конструкций из буронабивных свай. Научно-техническая конференция «Методы расчета устойчивости склонов в условиях Украины» (шифр «ГГ72-251»). КДНТП. Киев. 2 марта 1972 г.

4. Гинзбург Л. К. Опыт проектирования механического закрепления оползневых склонов. VIII-е Всесоюзное совещание по закреплению и уплотнению грунтов. Киев. 23 октября 1974 г.

5. Гинзбург Л. К. Проект противооползневых удерживающих конструкций на участке ПК 360-361 железнодорожной линии Цементная-Плотина Саратовской ГЭС (Балаково) Приволжской ж. д. Технический совет проектно-изыскательского ин-та «Харгипротранс». Харьков. 12 декабря 1974 г.

6. Гинзбург Л. К. Стабилизация оползневых склонов удерживающими конструкциями глубокого заложения. Объединенный семинар кафедры «Основания, фундаменты и подземные сооружения» и Научно-исследовательской лаборатории механики грунтов Днепропетровского института инженеров ж. д. транспорта. Днепропетровск. 7 февраля 1975 г.

7. Гинзбург Л. К. Стабилизация оползневых склонов удерживающими конструкциями глубокого заложения. Заседание кафедры механики грунтов, оснований и фундаментов Московского инженерно-строительного института им. В. В. Куйбышева. Москва. 12 мая 1975 г.

**НТБ
ДНУЖТ**

**Стабилизация оползневых склонов удерживающими конструкциями
глубокого заложения.**

Сдано в набор 9.VII 1975 г. Формат 60x84/16. Усл.-печ. л. 2. Тираж 250 экз.
УДБІ ПЛ/Ъ ЗСІІЕ ІЕ Зак. № 3364. Бесплатно.
Областная книжная типография Днепропетровского областного управления
по делам издательств, полиграфии и книжной торговли.
320070, Днепропетровск, ул. Серова, 7.

Сканировала Камянская Н.А.

НТБ
ДНУЖТ