

УДК 69.035.2

UDC 69.035.2

05.00.00 Технические науки

Technical sciences

**ОПТИМИЗАЦИЯ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА  
ЗАЩИТНОГО СООРУЖЕНИЯ НА  
СВАЙНОМ ОСНОВАНИИ,  
«ОБТЕКАЕМОГО» ОПОЛЗНЕВЫМИ  
ГЛИНИСТЫМИ ГРУНТАМИ****OPTIMIZATION OF A CALCULATION  
METHOD FOR PILEWORK PROTECTIVE  
STRUCTURES "STREAMLINED" BY  
LANDSLIDE CLAY SOILS**

Лейер Дарья Валерьевна

Leyer Darya Valerievna

Преподаватель

lecturer

РИНЦ SPIN-код=1970-9816

RSCI SPIN-code=1970-9816

*dasha\_leyer@mail.ru**dasha\_leyer@mail.ru**Кубанский государственный аграрный  
университет, Краснодар, Россия**Kuban State Agrarian University, Krasnodar,  
Russia*

В связи с расширением и увеличением транспортной инфраструктуры Краснодарского края, в процессе строительства олимпийских объектов, а также с освоением новых участков земель, появилась необходимость строительства в труднодоступных районах в сложных инженерно-геологических условиях на оползневых склонах. В качестве одной из мер по защите от оползневых подвижек поверхностных пород и укрепления ослабленных участков склонов часто применяются конструкции из буронабивных свай, защемленных в несмещаемые грунты. Такое конструктивное решение часто является оптимальным, а иногда и единственным приемлемым решением. При проектировании инженерной защиты рекомендуется рассматривать применение ряда мероприятий активной защиты, направленной на стабилизацию оползневых процессов. Однако, в случае невозможности ее устройства с точки зрения организации строительного производства, необходимо предусматривать устройство пассивной защиты, обеспечивающей «обтекание» конструкции оползнем. В настоящий момент механизм взаимодействия грунта оползней с конструкциями для точечной защиты отдельно стоящих объектов изучен недостаточно. Известные методики в силу принятых в них упрощений и допущений определяют значительные погрешности при проектировании противооползневых сооружений. Безопасность и надежность работы таких конструкций при этом обеспечивается принятием высоких коэффициентов запаса. Это приводит к увеличению материалоемкости, трудоемкости возведения защитных сооружений и снижению их экономической эффективности. Кроме того, в Краснодарском крае в рассматриваемом районе строительства оползневые массивы в основном сложены текучими глинистыми грунтами, что еще больше усложняет процесс проектирования защитных сооружений

Expansion and increasing of the Krasnodar region transport infrastructure during the construction of the Olympic facilities together with the new land development created a necessity for construction in the remote areas of landslide slopes with the complex engineering-geological conditions. Constructions of bored piles, jammed by in non-displaceable soil are often used as one of the measures for the protection of surface rocks landslide movement and tightening the slope weak sections. Such constructive solution is often being considered the best, and sometimes the only acceptable solution. When designing engineering protection it is recommended to consider the use of a number of active protection activities, aimed at the landslide processes stabilization. However, in case of construction production impossibility due to terms of organization, it is necessary to provide passive protection which would secure that the landslide streamlines the construction. Currently, the mechanism of the soil landslides interaction with constructions of detached objects spot protection isn't studied enough. Known methods adopt simplifications and assumptions which lead to definite significant errors in the design of slope protection structures. Security and reliability of such structures can only be achieved with the adoption of high factor of safety values. This leads to increased material consumption and labor input for the erection of defensive structures also reduces the economic efficiency of these structures. In addition the process of designing protective structures in the Krasnodar region is further complicated by fact that the landslide of construction area is mainly folded by flowing clay soils

Ключевые слова: ОПОЛЗЕНЬ, ЧИСЛЕННЫЙ  
ЭКСПЕРИМЕНТ, ПРОТИВООПОЛЗНЕВОЕ  
СООРУЖЕНИЕ, ГЛИНИСТЫЙ ГРУНТ, ОПОРЫ  
ЭСТАКАД

Keywords: LANDSLIDE, NUMERICAL  
EXPERIMENT, LANDSLIDE PROTECTION  
STRUCTURE, CLAYEY SOIL, TRESTLE  
SUPPORT

### **Степень разработанности темы исследований**

Проблемам развития оползневых подвижек и обеспечения устойчивости склонов и откосов посвящены труды зарубежных и отечественных ученых: А. А. Бартоломея, А. И. Билеуша, А. Н. Богомолова, Л. К. Гинзбурга, А. Л. Готмана, Н. М. Гольдштейна, Э. М. Доброва, Е. П. Емельяновой, Г. С. Золотарева, В. Д. Казарновского, Э. В. Калинина, А. М. Караулова, Н. Н. Маслова, С. И. Мация, Г. Д. Недри, Л. П. Петровой-Ясюнас, Г. П. Постоева, А. Л. Строма, Г. И. Тер-Степаняна, З. Г. Тер-Мартirosяна, В. Г. Федоровского, К. Ш. Шадунца, Г. М. Шахунянца, К. Виджиани, Т. Адаши, М. Кимуры, Т. Ито, Т. Мацуи, Р. Хеннеса, Х. Г. Паулоса, В. П. Хонга, Т. Ямагами, Л. Т. Чена и т. д.

Однако, в настоящий момент механизм взаимодействия грунта оползней с конструкциями для локальной защиты опор эстакад изучен недостаточно. Существующие методики в силу принятых в них упрощений и допущений определяют значительные погрешности при проектировании противооползневых удерживающих сооружений. При этом, надежность и безопасность работы таких конструкций обеспечивается принятием высоких коэффициентов запаса, что приводит к увеличению материалоемкости, трудоемкости возведения удерживающих сооружений и снижению их экономической эффективности.

Анализ нормативной литературы и научных публикаций по проектированию и строительству противооползневых свайных сооружений позволил определить основные направления исследований.

### Описание разработанной расчетной схемы исследования

Для эффективной защиты опор эстакад от деформаций, а также рационального расположения свайных элементов противооползневого сооружения проведен ряд исследований. Исследования по рациональному расположению свайных элементов, расположенных перпендикулярно вектору смещения оползня, а также определение расстояний до границ расчетной схемы приведены в [1]. Оптимизированная, согласно [1–3], расчетная схема сооружения, расположенного «клином» относительно вектора смещения оползня включает в себя следующий ряд параметров (рис. 1):

- диаметр свай  $D$ , 1,0 м
- шаг свай в ряду  $L$ , 2,0–6,0 м
- угол встречи  $\alpha$ ,  $90^\circ$ – $30^\circ$ .

Прочностные характеристики грунта, принятые согласно [4] приведены в табл. 1. Величина выдвигки средней сваи относительно оси сооружения определялась в зависимости от шага свай, а также исследуемого угла встречи.

Таблица 1 – Прочностные характеристики исследуемого грунта

Изменяемый параметр	Условное обозначение	Единицы измерения	Величина
Удельное сцепление	$c$	<i>кПа</i>	25,0
Угол внутреннего трения	$\varphi$	<i>град</i>	4,0
Модуль деформации	$E$	<i>МПа</i>	2,5

Моделирование взаимодействия глинисто-пластичной породы, как наиболее распространенной в районе строительства (район Большого Сочи) с защитным сооружением осуществляется методом конечных

элементов с помощью геотехнического программного комплекса Plaxis. Нагружение в каждом численном эксперименте проводилось ступенями (автоматическое пошаговое нагружение) до образования пластического течения грунта, вплоть до разрушения грунтового тела вокруг сооружения.

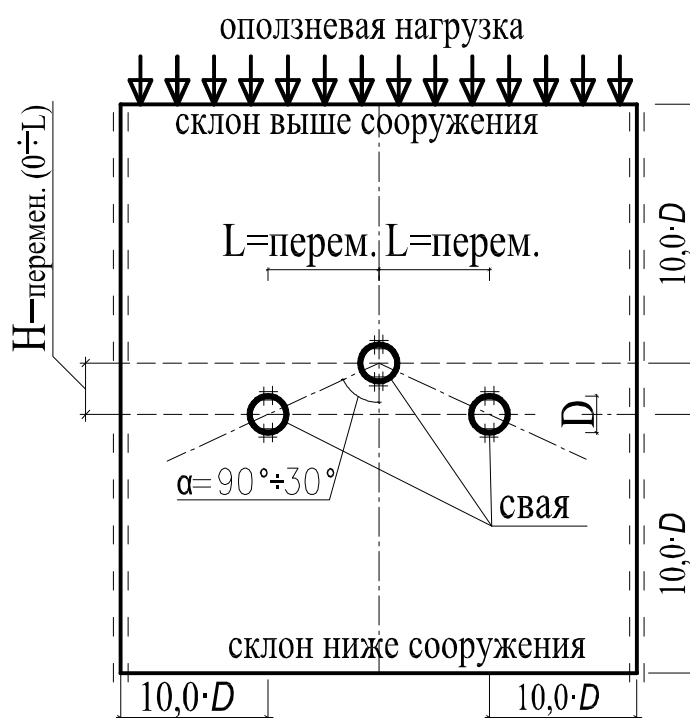


Рисунок 1 – Расчетная схема задачи обтекания грунта вокруг сооружения с учетом выдвигки  $H$  средней сваи

### Влияние конфигурации ряда свай, расположенных «клином» на формирование зон пластических деформаций

Для определения наиболее рационального расположения свай в однорядном удерживающем сооружении, расположенном «клином» относительно вектора смещения оползня проведено исследование напряженно-деформированного состояния. Рассмотрено расположение свай в ряду от самого тесного ( $L = 2,0D$  в осях), до редкого ( $L = 6,0D$  в осях). Выдвижка  $H$  средней сваи (из трех) относительно оси сооружения изменяется от шага свай в ряду в зависимости от угла встречи  $\alpha$

относительно вектора смещения оползневых масс (рис. 1). Исследуемые варианты расположения свай в ряду относительно оси сооружения приведены в табл. 2.

Таблица 2 – Исследуемые варианты расположения свай в ряду относительно оси сооружения (величина выдвигки  $H$ , м)

Угол встречи $\alpha$ , град	Относительный шаг свай в ряду $L/D$ , м								
	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0
90	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
75	0,536	0,670	0,804	0,938	1,072	1,206	1,34	1,474	1,608
60	1,155	1,443	1,732	2,021	2,309	2,598	2,887	3,175	3,464
45	2,000	2,500	3,000	3,50	4,000	4,500	5,000	5,500	6,000
30	3,464	4,330	5,196	6,062	6,928	7,794	8,660	9,526	10,392

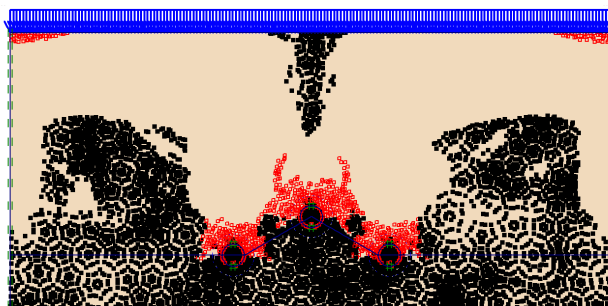
На рис. 2 приведены наиболее характерные результаты расчетов развития пластических деформаций при изменении величины выдвигки  $H$  средней сваи (из трех). Анализ развития пластических деформаций при шаге свай  $L = 2,0D-4,5D$  в осях показал следующее:

- При угле встречи  $\alpha=90^\circ$  оползневое давление практически равномерно воспринимают все сваи сооружения. При этом развиваются пластические деформации в виде «лепестков» на краях сооружения, что говорит о процессе «обтекания» смещающимися породами вокруг сооружения.
- При выдвигке сваи в диапазоне  $45^\circ < \alpha \leq 90^\circ$  перед конструкцией увеличивается зона уплотнения грунта как выше сооружения, так и в стороны от него. При такой расстановке свай не происходит продавливания грунта между сваями, а только «обтекание» пород. Зоны пластических деформаций перед каждой сваи

смыкаются в общее уплотненное грунтовое ядро [5]. Такой результат показывает, что полезная работа сооружения повысилась за счет увеличения зоны влияния конструкции.

- При выдвигке свай  $30^\circ \leq \alpha < 45^\circ$  происходит неравномерное нагружение сооружения. «Лепестковые» зоны пластических деформаций грунта развиваются перед каждой сваем индивидуально, а также происходит продавливание грунта между сваями. В этом случае максимальную нагрузку воспринимает средняя свая.

а)



б)

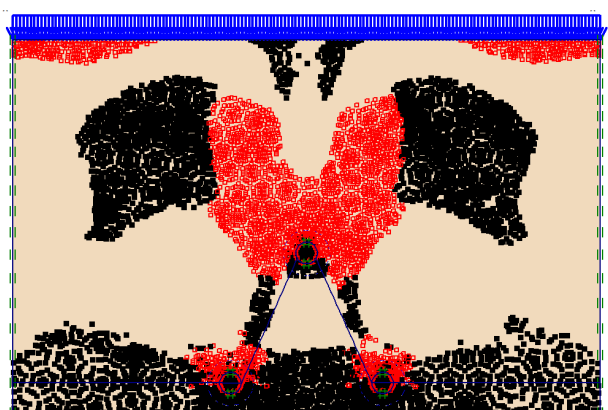


Рисунок 2 – «Пластические точки» Кулона-Мора (красные) и растяжения (черные). Шаг свай  $L = 3,5D$ .

а – угол встречи  $\alpha=60^\circ$ ; б – угол встречи  $\alpha=30^\circ$

При исследовании развития пластических деформаций перед сооружением при шаге свай  $L = 5,0D-6,5D$  при различных углах встречи  $\alpha$  (от  $90^\circ$  до  $30^\circ$ ) наблюдается индивидуальная работа каждой свай. Происходит продавливание грунта между сваями и «обтекание» по

сторонам сооружения одновременно. В этом случае каждая свая работает как отдельно стоящий элемент, то есть сооружение не ограничивает движение оползневых масс. Таким образом, с изменением шага свай  $L$  и величины выдвигки  $H$  средней сваи в ряду (из трех) изменяется характер взаимодействия оползневого грунта с удерживающими сооружениями. При тесном шаге свай ( $2,0D \leq L \leq 4,5D$ ) и при угле встречи сооружения с вектором смещения оползневых масс  $45^\circ < \alpha \leq 45^\circ$  наблюдается наиболее эффективная работа свайно-грунтовой системы. При такой конфигурации сооружения «обтекание» происходит раньше продавливания грунта между сваями.

При редком расположении свай ( $L \geq 5,0D$ ), а также при любом шаге свай с выдвигкой средней сваи до  $\alpha < 45^\circ$  зоны пластических деформаций разрываются и приобретают локальный характер, преимущественно на фронтальной поверхности свай относительно приложенной оползневой нагрузки. Давление «обтекания» вокруг сооружения сопоставимо с давлением продавливания между свай, в связи с тем, что сваи работают как отдельно стоящие элементы. Наилучшим вариантом конструктивного решения противооползневого сооружения с точки зрения «обтекания» вокруг сооружения, а также продавливания между свай является тесное расположение свай в ряду до  $L = 4,5D$  с углом встречи  $\alpha \geq 45^\circ$ .

### **Влияние конфигурации сооружения на распределение давления на каждую сваю (из трех) в ряду**

Для проектирования равномерно нагруженного свайного противооползневого сооружения, работающего в условиях «обтекания» грунтовыми массами для обеспечения максимальной эффективности свайно-грунтовой системы в целом проведен анализ распределения давления, приходящегося на каждую сваю из трех при различных

конфигурациях сооружения. Согласно полученным результатам расчетов выявлено следующее:

- При шаге свай  $L = 2,0D-3,5D$  давление от оползневых масс распределяется не равномерно. Средняя свая (из трех) является наиболее загруженной. Характер распределения давления указывает на то, что при увеличении выдвигки  $H$  средней сваи на угол встречи вектора смещения оползня с осью сооружения  $45^\circ < \alpha < 90^\circ$  разница в давлении приходящемся на среднюю и на крайние сваи увеличивается на 7%–11%. При изменении угла встречи  $30^\circ < \alpha < 45^\circ$  наблюдается уменьшение разницы давления, приходящегося на среднюю и крайние сваи (из трех) на 7%–9%.
- При шаге свай  $L = 3,5D-4,0D$  (рис. 3) графики распределения давления на среднюю сваю и крайние пересекаются, что указывает на равномерное распределение давления в сооружении. Согласно результатам расчетов оптимальным углом встречи является  $70^\circ < \alpha < 85^\circ$ . При уменьшении угла встречи  $\alpha$  наблюдается не равномерное загрузке сооружения – средняя свая более загруженная по сравнению с крайними. Максимальная разница между давлением, приходящимся на среднюю и крайние сваи приходится на угол встречи  $\alpha = 45^\circ$ . При этом, разница между давлениями изменяется в диапазоне 18%–22%.
- При шаге свай в ряду  $L = 4,5D$  график распределения давления на крайние и среднюю сваи расходится (не пересекается), что говорит о не равномерном загрузке сооружения. Максимальная разница между давлениями на сваи наблюдается при угле встречи  $\alpha = 45^\circ$ .
- При шаге свай  $L = 5,5D-6,0D$  выявлено пересечение графиков распределения давления. Однако, при развитии пластических деформаций грунта выявлено, что каждая свая работает



обособлено (как отдельно стоящие элементы) применять такую расстановку свай при проектировании противооползневых защитных сооружений не рекомендуется.

Исследование предельного оползневого давления до момента пластического разрушения грунта в связи с развитием «обтекания» вокруг сооружения показало следующее:

- изменение угла встречи  $\alpha$  в пределах  $90^\circ$ – $45^\circ$  приводит к увеличению предельного оползневого давления, воспринимаемого сооружением;
- при угле встречи  $30^\circ < \alpha < 45^\circ$  наблюдается понижение воспринимаемого оползневого давления, в связи с тем, что сваи начинают работать как отдельно стоящие элементы.

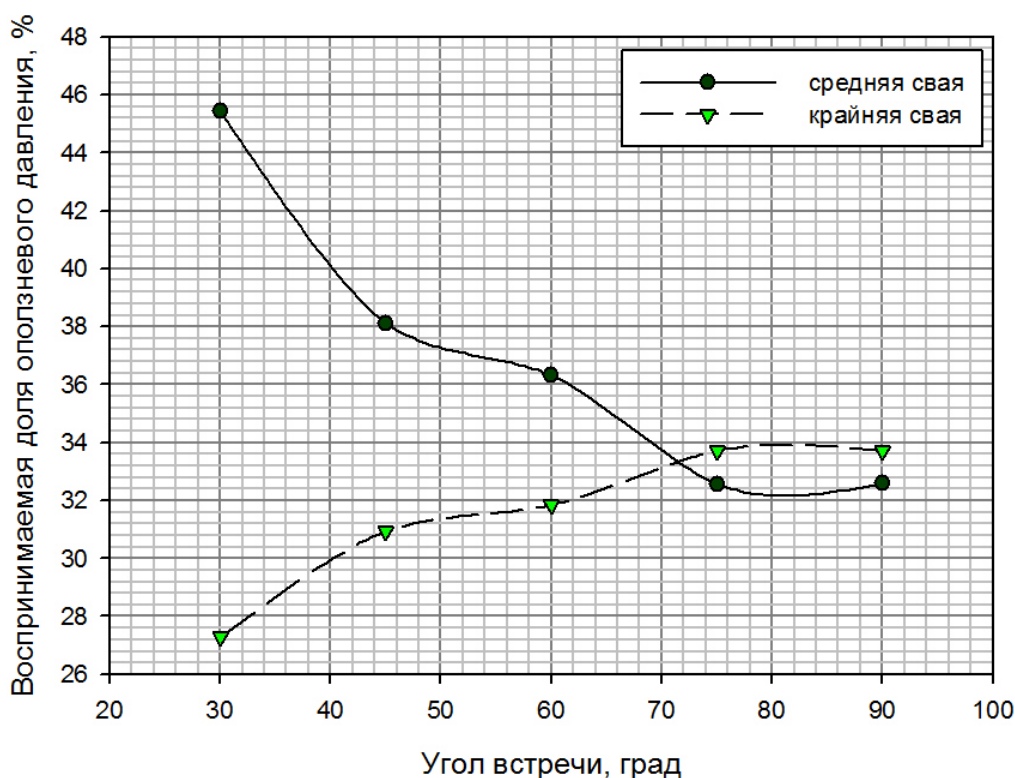


Рисунок 3 – Распределение оползневого давления, приходящегося на сооружение, состоящее из трех свай при  $L/D=3,5$  в зависимости от угла встречи  $\alpha$

**Предлагаемая оптимизированная методика расчета  
защитного сооружения на свайном основании, «обтекаемого»  
оползневыми глинистыми грунтами**

Основными принципами проектирования свайных противооползневых сооружений инженерной защиты объектов являются:

- надежность конструкции;
- максимальная скорость возведения;
- экономическая эффективность;
- обеспечение безопасной эксплуатации защищаемого точечного объекта, в частности, опор эстакад.

Основной проблемой строительства сооружений на оползневых и оползнеопасных территориях является нестабильность грунтов при изменении уровня грунтовых вод [7-18], а также пригрузка склона строительной техникой. Для защитных конструкций, отклоняющих смещение оползневых масс от объекта, должна быть обеспечена:

- общая устойчивость склона с учетом свайного сооружения;
- локальная устойчивость склона ниже защитного сооружения.
- техническая возможность подъезда строительной техники без нарушения устойчивости оползневого склона;
- прочность проектируемых свайных элементов.

С целью снижения давления «обтекания» защитные сооружения следует устраивать под углом к вектору смещения оползневых грунтов или «клином». Согласно результатам проведенных исследований можно сказать, что:

- оптимальный угол встречи вектора смещения оползневых масс с осью сооружения с точки зрения равномерного нагружения всех элементов варьируется в диапазоне  $70^{\circ} \leq \alpha \leq 85^{\circ}$ ;

- рекомендуемый угол встречи с точки зрения уменьшения действующего оползневое давления изменяется в пределах  $45^{\circ} \leq \alpha \leq 90^{\circ}$ ;
- не рекомендуется выполнять «клин» с углом встречи  $\alpha < 45^{\circ}$ .

В результате проведенных исследований и анализа нормативной литературы разработан оптимизированный алгоритм расчета свайного обтекаемого сооружения, приведенный на рисунке 4.

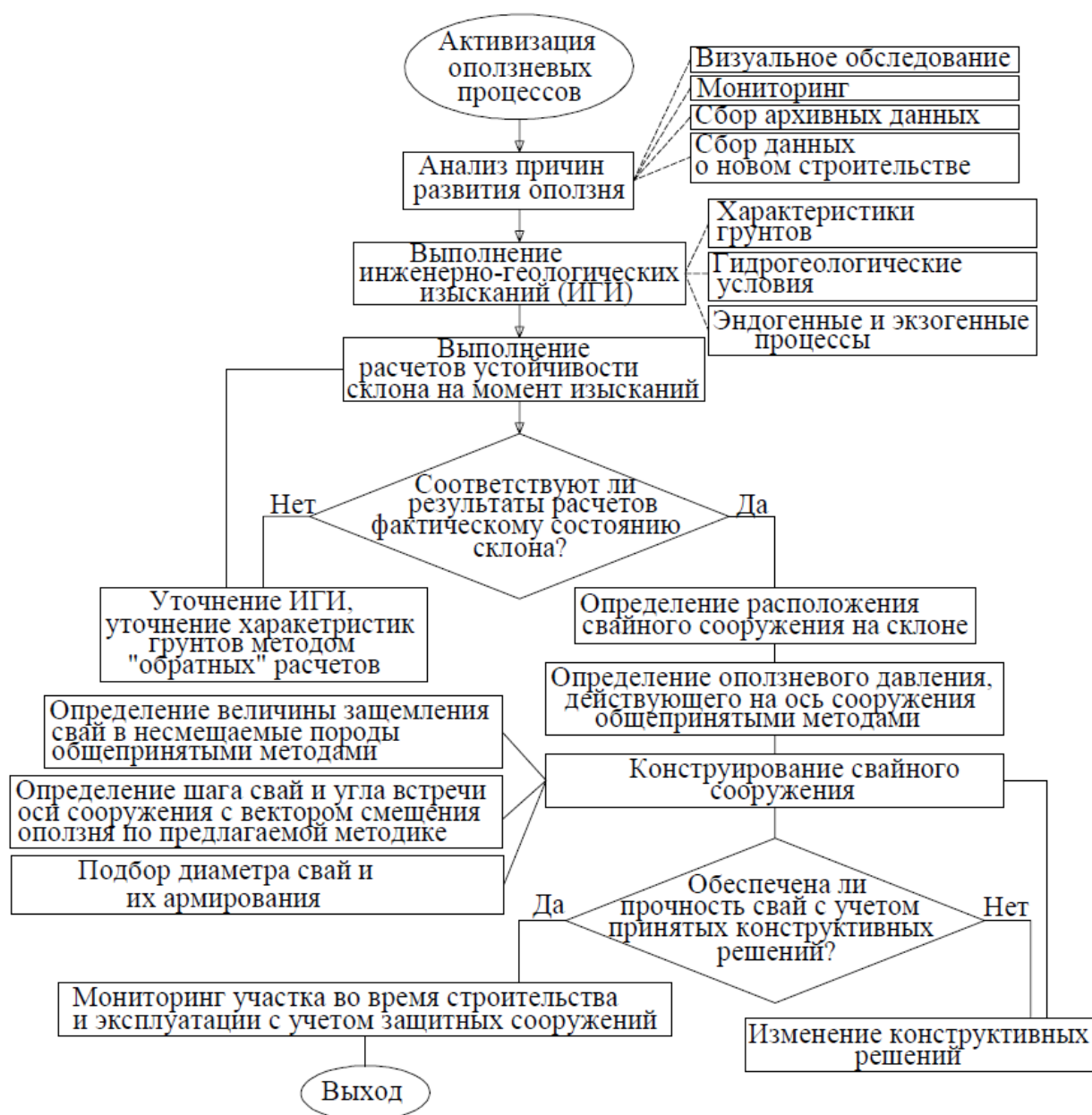


Рисунок 4 – Блок-схема расчета свайного защитного сооружения, «обтекаемого» глинистыми грунтами

### Внедрение проведенных исследований

Результаты исследований взаимодействия грунта с защитным сооружением с учетом шага свай были использованы при проектировании защитных сооружений на ответственных геотехнических объектах Краснодарского края по устройству мероприятий инженерной защиты (рис. 5–7) опор эстакады №3 на объекте: «Дублер Курортного проспекта». По результатам выполненной работы получены три акта внедрения данных исследований. Результаты исследований отображены в отраслевых дорожных документах ОДМ 218.2.050-2015 «Методические рекомендации по расчету и проектированию свайных противооползневых сооружений инженерной защиты автомобильных дорог» и ОДМ 218.2.033-2013 «Методические рекомендации по выполнению инженерно-геологических изысканий на оползневых склонах и откосах автомобильных дорог».

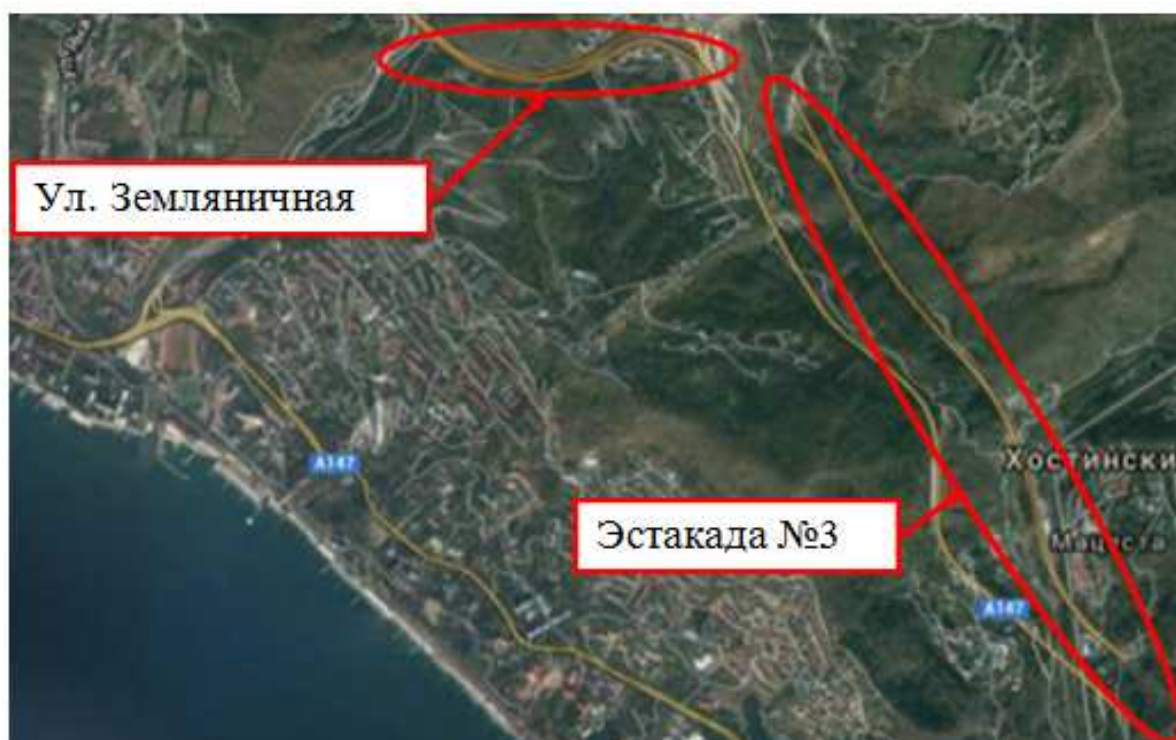


Рисунок 5 – Расположение защищаемых эстакад  
«Дублера Курортного проспекта» в г. Сочи





Рисунок 6 – Устройство анкерных свай и облицовочной панели в защитном сооружении опоры №28 (эстакада №3)



Рисунок 7 – Защитное «обтекаемое» сооружение опоры № 23 эстакады №3, расположенное «клином»

## Выводы

В процессе исследования характера работы противооползневое защитного сооружения, расположенного «клином» для защиты опор эстакад с оползневый массивом выявлено следующее:

- Работа свайного сооружения, расположенного «клином» совместно с грунтом (свайно-грунтовое сооружение) обеспечена только при шаге свай  $L = 2,0D-4,5D$ . При таком шаге свай обеспечивается непродавливание пород в межсвайное пространство, что приводит к развитию уплотненного грунтового ядра выше по склону. За счет арочного эффекта грунт будет воспринимать часть нагрузки от вышележащих пород.
- При шаге свай  $L = 5,0D-6,0D$  сваи работают как отдельно стоящие элементы, так как при нагружении схемы происходит как продавливание грунта в межсвайном пространстве, так и «обтекание» сооружения породами.
- Величина выдвигки средней сваи в диапазоне  $45^\circ < \alpha < 90^\circ$  является допустимым эффективной, так как при этих значениях угла встречи  $\alpha$  увеличивается несущая способность сооружения в целом. Уменьшение угла встречи относительно вектора смещения оползневых пород относительно оси сооружения в диапазоне  $30^\circ < \alpha < 45^\circ$  не рекомендуется, так как при этом наблюдается снижение несущей способности (предельного оползневого давления) относительно  $\alpha = 45^\circ$ .
- Согласно развитию точек пластических деформаций при  $30^\circ < \alpha < 45^\circ$  средняя свая воспринимает основную оползневую нагрузку. При такой расстановке элементов в ряду расстояние между свайными элементами увеличивается. Это приводит к

продавливанию грунта в межсвайном пространстве, то есть безопасность защищаемого объекта не будет обеспечена.

- Оптимальным углом встречи  $\alpha$  является диапазон  $70^\circ < \alpha < 85^\circ$  при соблюдении шага свай не более  $5,0D$ , так как при такой конфигурации сооружения обеспечивается равномерное нагружение свайных элементов.

### Список литературы

1. Лейер, Д. В. Исследование взаимодействия глинистых грунтов с противооползневыми сооружениями инженерной защиты опор эстакад / Д. В. Лейер, С. И. Маций, Е. В. Безуглова, Ф. Н. Деревенец // Интернет-журнал «Наукovedение». – 2014. – Вып. 5 (24). – <http://naukovedenie.ru>. – 35КО514.
2. Маций, С. И. Применение метода конечных элементов для исследования взаимодействия грунтов оползня со сваями / С. И. Маций, Ф. Н. Деревенец // Основания, фундаменты и механика грунтов. – М.: Стройиздат, 2005. – № 4. – с. 8-12.
3. Маций С.И. Взаимодействие свайных рядов с грунтом оползней. // Автореферат диссертации. СПб., 1991.
4. Количественная оценка сложности инженерно-геологических условий Черноморского побережья Кавказа // Методические рекомендации// В. И. Клименко, В. Ф. Безруков// Адлерская гидрогеологическая лаборатория ПНИИИС Госстроя СССР// Сочи, 1978.
5. Противооползневые удерживающие конструкции / Л. К. Гинзбург. – М.: Стройиздат, 1979.
6. Лейер Д. В. Опоры эстакад, обтекаемые оползневыми массами / С.И. Маций, Д. В. Лейер, В. Н. Кужель // Материалы V международной конференции по геотехнике. / ВолгГАСУ. – Волгоград, 2010. – с. 228-234.
7. Шмидт О.А., Гохаев Д. В., Соппротивление сдвигу грунта при повторном нагружении образца // Механика грунтов в геотехнике и фундаментостроении: материалы международной научно-технической конференции, г. Новочеркасск 13-15 мая 2015 г. / Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова. – Новочеркасск: ЮРГПУ (НПИ), 2015. С. – 198-202.
8. Лейер Д.В., Маций С.И. Исследование взаимодействия оползневого грунта с защитными сооружениями опор эстакад // Строительство и архитектура. - 2013. - Т. 1. № 1. - С. 49-53.
9. Ляшенко П.А., Шмидт О.А., Гохаев Д. В., Исследование на модели развития осадки буронабивной сваи // Научный журнал КубГАУ (Электронный ресурс), 2013, № 90 (06).
10. Рябухин А.К., Маций С.И. Исследование диапазона перемещений анкерных свай в инженерно-геологических условиях Сочинского района Краснодарского края // Труды Кубанского государственного аграрного университета. - 2012. - № 39. - С. 155-159.
11. Лейер Д.В., Богомолов А.Н., Маций С.И., Бабаханов Б.С., Безуглова Е.В., Кузнецова С.В. Стабилизация оползня на участке строительства железной дороги в г. Сочи // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. - 2012. - № 29 (48). - С. 15-25.

12. *Лейер Д.В., Богомолов А.Н., Маций С.И., Калашников С.Ю., Бабаханов Б.С., Безуглова Е.В., Кузнецова С.В.* Причины активизации оползня на федеральной автомобильной дороге г. Сочи и мероприятия по его стабилизации // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. - 2012. - № 29 (48). - С. 6-14.

13. *Лейер Д.В., Маций С.И., Безуглова Е.В.* Мониторинг и моделирование оползневых процессов на примере города Сочи // Строительство и архитектура. - 2013. - Т. 1. № 1. - С. 54-61.

14. *Рябухин А.К., Маций С.И., Безуглова Е.В.* Исследование диапазона допустимых горизонтальных перемещений буронабивных свай противооползневых сооружений // Труды Кубанского государственного аграрного университета. - 2013. - № 41. - С. 160-163.

15. *Рябухин А.К., Маций С.И., Безуглова Е.В.* Исследование диапазона допустимых горизонтальных перемещений буронабивных свай противооползневых сооружений // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. - 2013. - № 31-2 (50). - С. 279-283.

16. *Рябухин А.К.* Совместная работа свай и анкерных свай в составе конструкции противооползневых сооружений на автомобильных дорогах // Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. - Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет. - Волгоград. - 2013.

17. *Рябухин А.К.* Совместная работа свай и анкерных свай в составе конструкции противооползневых сооружений на автомобильных дорогах (Краснодарский край) // Диссертация кандидата технических наук : 05.23.11. Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет. - Волгоград. - 2013.

18. *Смирнов С.Г., Шадунц К.Ш., Маций С.И.* Противооползневое сооружение для защиты подземных трубопроводов // Патент на изобретение RUS 2186907 15.06.2001.

## References

1. 1. Lejer, D. V. Issledovanie vzaimodejstviya glinistyh gruntov s protivopolznevymi sooruzheniyami inzhenernoj zashchity opor ehstakad / D. V. Lejer, S. I. Macij, E. V. Bezuglova, F. N. Derevenec // Internet-zhurnal «Naukovedenie». –2014. – Vyp. 5 (24). – <http://naukovedenie.ru>. – 35KO514.

2. Macij, S. I. Primenenie metoda konechnyh ehlementov dlya issledovaniya vzaimodejstviya gruntov opolznaya so svayami / S. I. Macij, F. N. Derevenec // Osnovaniya, fundamenty i mekhanika gruntov. – М.: Strojizdat, 2005. – № 4. – с. 8-12.

3. Macij S.I. Vzaimodejstvie svajnyh ryadov s gruntom opolznej. // Avtoreferat dissertacii. SPb., 1991.

4. Kolichestvennaya ocenka slozhnosti inzhenerno-geologicheskikh uslovij SChernomorskogo poberezh'ya Kavkaza // Metodicheskie rekomendacii// V. I. Klimenko, V. F. Bezrukov// Adlerskaya gidrogeologicheskaya laboratoriya PNIIS Gosstroya SSSR// Sochi, 1978.

5. Protivopolznevye uderzhivayushchie konstrukcii / L. K. Ginzburg. – М.: Strojizdat, 1979.

6. Lejer D. V. Opory ehstakad, obtekaemye opolznevymi massami / S.I. Macij, D. V. Lejer, V. N. Kuzhel' // Materialy V mezhdunarodnoj konferencii po geotekhnike. / VolgGASU. – Volgograd, 2010. – s. 228-234.

7. SHmidt O.A., Gohaev D. V., Soprotivlenie sdvigu grunta pri povtornom nagruzenii obrazca // Mekhanika gruntov v geotekhnike i fundamentostroenii: materialy



mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii, g. Novocherkassk 13-15 maya 2015 g. / YUzhno-Rossijskij gosudarstvennyj politehnicheskij universitet (NPI) imeni M.I. Platova. – Novocherkassk: YURGPU (NPI), 2015. S. – 198-202.

8. Lejer D.V., Macij S.I. Issledovanie vzaimodejstviya opolznevoogo grunta s zashchitnymi sooruzheniyami opor ehstakad // Stroitel'stvo i arhitektura. - 2013. - T. 1. № 1. - S. 49-53.

9. Lyashenko P.A., SHmidt O.A., Gohaev D. V., Issledovanie na modeli razvitiya osadki buronabivnoj svai // Nauchnyj zhurnal KubGAU (EHlektronnyj resurs), 2013, № 90 (06).

10. Ryabuhin A.K., Macij S.I. Issledovanie diapazona peremeshchenij ankernyh svaj v inzhenerno-geologicheskikh usloviyah Sochinskogo rajona Krasnodarskogo kraja // Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. - 2012. - № 39. - S. 155-159.

11. Lejer D.V., Bogomolov A.N., Macij S.I., Babahanov B.S., Bezuglova E.V., Kuznecova S.V. Stabilizaciya opolznaya na uchastke stroitel'stva zheleznoj dorogi v g. Sochi // Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura. - 2012. - № 29 (48). - S. 15-25.

12. Lejer D.V., Bogomolov A.N., Macij S.I., Kalashnikov S.YU., Babahanov B.S., Bezuglova E.V., Kuznecova S.V. Prichiny aktivizacii opolznaya na federal'noj avtomobil'noj doroge g. Sochi i meropriyatiya po ego stabilizacii // Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura. - 2012. - № 29 (48). - S. 6-14.

13. Lejer D.V., Macij S.I., Bezuglova E.V. Monitoring i modelirovanie opolznevyh processov na primere goroda Sochi // Stroitel'stvo i arhitektura. - 2013. - T. 1. № 1. - S. 54-61.

14. Ryabuhin A.K., Macij S.I., Bezuglova E.V. Issledovanie diapazona dopustimyh gorizont'al'nyh peremeshchenij buronabivnyh svaj protivopolznevnyh sooruzhenij // Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. - 2013. - № 41. - S. 160-163.

15. Ryabuhin A.K., Macij S.I., Bezuglova E.V. Issledovanie diapazona dopustimyh gorizont'al'nyh peremeshchenij buronabivnyh svaj protivopolznevnyh sooruzhenij // Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura. - 2013. - № 31-2 (50). - S. 279-283.

16. Ryabuhin A.K. Sovmestnaya rabota svaj i ankernyh svaj v sostave konstrukcii protivopolznevnyh sooruzhenij na avtomobil'nyh dorogah // Avtoreferat dissertacii na soiskanie uchenoj stepeni kandidata tehnikicheskikh nauk. - Volgogradskij gosudarstvennyj arhitekturno-stroitel'nyj universitet. - Volgograd. - 2013.

17. Ryabuhin A.K. Sovmestnaya rabota svaj i ankernyh svaj v sostave konstrukcii protivopolznevnyh sooruzhenij na avtomobil'nyh dorogah (Krasnodarskij kraj) // Dissertaciya kandidata tehnikicheskikh nauk : 05.23.11. Volgogradskij gosudarstvennyj arhitekturno-stroitel'nyj universitet. - Volgograd. - 2013.

18. Smirnov S.G., SHadunc K.SH., Macij S.I. Protivopolznevoe sooruzhenie dlya zashchity podzemnyh truboprovodov // Patent na izobretenie RUS 2186907 15.06.2001.