

УДК 69.035.2

UDC 69.035.2

05.00.00 Технические науки

Technical sciences

**ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ
ИНТЕНСИВНОСТИ ОПОЛЗНЕВОГО
ДАВЛЕНИЯ, ДЕЙСТВУЮЩЕГО НА
СООРУЖЕНИЕ ПРИ ВЛИЯНИИ
РАЗЛИЧНЫХ НАГРУЗОК**

**RESEARCH OF CHANGE OF INTENSITY OF
THE LANDSLIDE PRESSURE OPERATING
ON THE CONSTRUCTION AT INFLUENCE
OF VARIOUS LOADINGS**

Маций Сергей Иосифович
профессор
РИНЦ SPIN-код=2116-9634
matsiy@mail.ru
*Кубанский государственный аграрный
университет, Краснодар, Россия*

Matsiy Sergey Iosifovich
professor
RSCI SPIN-code=2116-9634
matsiy@mail.ru
*Kuban State Agrarian University, Krasnodar,
Russia*

Лейер Дарья Валерьевна
доцент
РИНЦ SPIN-код=1970-9816
dasha_leyer@mail.ru
*Кубанский государственный аграрный
университет, Краснодар, Россия*

Leyer Darya Valerievna
docent
RSCI SPIN-code=1970-9816
dasha_leyer@mail.ru
*Kuban State Agrarian University, Krasnodar,
Russia*

Конева Анна Олеговна
магистрант
РИНЦ SPIN-код=5353-1223
annette_koneva@mail.ru
*Кубанский государственный аграрный
университет, Краснодар, Россия*

Koneva Anna Olegovna
undergraduate
RSCI SPIN-code=5353-1223
annette_koneva@mail.ru
*Kuban State Agrarian University, Krasnodar,
Russia*

Рябухин Александр Константинович
заведующий кафедрой
РИНЦ SPIN-код=8063-2986
ryabukhin@geoproekt.net
*Кубанский государственный аграрный
университет, Краснодар, Россия*

Ryabukhin Alexander Konstantinovich
Head of Chair
RSCI SPIN-code=8063-2986
ryabukhin@geoproekt.net
*Kuban State Agrarian University, Krasnodar,
Russia*

Каленик Владислав Васильевич
магистрант
РИНЦ SPIN-код=4015-1513
vladkalenik@mail.ru
*Кубанский государственный аграрный
университет, Краснодар, Россия*

Kalenik Vladislav Vasilyevich
undergraduate
RSCI SPIN-code=4015-1513
vladkalenik@mail.ru
*Kuban State Agrarian University, Krasnodar,
Russia*

Федотов Андрей Владимирович
магистрант
РИНЦ SPIN-код=4266-7388
andrewf1014@mail.ru
*Кубанский государственный аграрный
университет, Краснодар, Россия*

Fedotov Andrey Vladimirovich
undergraduate
RSCI SPIN-code=4266-7388
andrewf1014@mail.ru
*Kuban State Agrarian University, Krasnodar,
Russia*

Якименко Александра Николаевна
магистрант
РИНЦ SPIN-код=1906-0300
mocart666@list.ru
*Кубанский государственный аграрный
университет, Краснодар, Россия*

Yakimenko Aleksandra Nikolaevna
undergraduate
RSCI SPIN-code=1906-0300
mocart666@list.ru
*Kuban State Agrarian University, Krasnodar,
Russia*

В настоящее время все более сокращается

Currently, there is increasingly reduced number of

количество участков, удобных для строительства объектов. В связи с этим встает вопрос об освоении новых территорий, по различным причинам ранее считавшихся экономически невыгодными или непригодными для строительства. Часто, для строительства в горной местности приходится выполнять возведение объектов на оползневых территориях. Однако, оползневые процессы представляют большую опасность для здоровья и жизни людей, а также безопасности зданий и сооружений. Основной задачей инженеров при выполнении проектно-испытательских работ на оползнеопасных территориях является определение устойчивости склонов и величины оползневого давления от грунта, а также выявление наиболее опасного сочетания нагрузок, которое может потребовать проектирования и строительства противооползневого сооружения со значительной несущей способностью. Исследование, представленное в статье позволяет определить наиболее опасные нагрузки, влияющие на устойчивость склона, а также на выбор защитного (противооползневого) сооружения. Получены зависимости изменения оползневого давления и коэффициента устойчивости склона от действия различных нагрузок (как статических, так и динамических)

Ключевые слова: ОПОЛЗНЕВОЕ ДАВЛЕНИЕ, КОНСТРУКЦИЯ, СЕЙСМИКА, НАГРУЗКА, СКЛОН, ГРУНТОВЫЕ ВОДЫ

the sites convenient for construction. In this regard there is a question of development of new territories, for various reasons which were earlier considered economically unprofitable or unsuitable for construction. Often, for construction in the mountain area it is necessary to carry out construction of objects in landslide territories. However, landslide processes constitute big health hazard and lives of people and also safety of buildings and constructions. The main objective of engineers when performing design and exploration work on landslide territories is the determination of stability of slopes and size of landslide pressure from soil and also identification of the most dangerous combination of loadings which can demand design and construction of a construction against landslide of landslide protection structures with significant load-bearing capacity. The research presented in article allows to define the most dangerous loads affecting the stability of the slope and also of the selection of a protective construction (against landslide). Dependences of change of landslide pressure and coefficient of stability of a slope are received from action of various loadings (both static, and dynamic)

Keywords: LANDSLIDE PRESSURE, DESIGN, SEISMICITY, LOADING, SLOPE, GROUND WATERS

Doi: 10.21515/1990-4665-133-027

ВВЕДЕНИЕ

Оползневые процессы представляют собой перемещение массы грунта вниз по склону под действием гравитационных сил [1, 4, 11] или от дополнительных нагрузок (техногенная пригрузка бровки откоса или склона, сейсмические воздействия и т. п.). В статье приведено исследование интенсивности изменения оползневого давления от действия различных нагрузок, которое позволяет выявить наиболее опасные факторы, влияющие на выбор территории строительства и разработку конструктивного решения. Выполненное исследование выявило оптимальный метод расчета оползневого давления на удерживающее сооружение, а также определение степени влияния изменяющихся

инженерно-геологических условий на величину оползневое давление. Недостаточные исходные данные или неверное определение расчетных нагрузок на оползневой склон могут привести к существенным ошибкам при проектировании защитных сооружений, в результате чего могут произойти аварийные и чрезвычайные ситуации на площадке строительства [2, 3, 6-10, 12-17, 20]. Для корректного проектирования требуется определения наиболее существенных сочетаний нагрузок, влияющих на склон, а также выбор апробированного метода расчета оползневое давление и устойчивости склона, что приведено в статье. В процессе исследования получены следующие результаты:

- данные о степени влияния изменяющихся инженерно-геологических условий на величину оползневое давление;
- зависимости изменения характера эпюры оползневых давлений от прикладываемых дополнительных нагрузок (уровня грунтовых вод (УГВ), статических нагрузок – вес зданий; динамических нагрузок – сеймики);
- выявлен оптимальный метод расчета удерживающих сооружений, работающих на горизонтальную нагрузку.

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ РАСЧЕТА ОПОЛЗНЕВОГО ДАВЛЕНИЯ

Большинство из существующих методов расчета оползней было разработано для вычисления коэффициента устойчивости склона. Затем эти расчеты преобразовывались для определения так называемого оползневое давление, т. е. давления, передающегося от неустойчивых грунтовых масс оползневое склона. При этом для проектирования противооползневых удерживающих конструкций разработаны способы построения эпюры оползневое давление по протяженности оползня [5, 11]. Практически все общепринятые расчетные методы оценки степени

устойчивости склонов основаны на концепции предельного пластического равновесия. В большинстве методов предельного пластического равновесия используется только статический подход. За исключением наиболее простых случаев большинство задач об устойчивости откосов статически неопределимы. На основе использования различных допущений, позволяющих раскрыть данную статическую неопределимость, разработано множество методов, обнаруживающих несовпадение в величинах коэффициента запаса. В качестве основных условных допущений в расчетной модели можно выделить следующие [5]:

- используется гипотеза затвердевшего тела (призма возможного смещения рассматривается в виде затвердевшего клина);
- рассматривается узкая полоса склона шириной 1 м;
- допускается определенная форма поверхности скольжения;
- в некоторых методах силы взаимодействия между отсеками, на которые разбивается оползневой блок, не учитываются;
- принимаются, допущения о значении и проявлениях давления грунтовых вод и сейсмической силы;
- в некоторых методах при рассмотрении равновесия массива принимается одно уравнение статики;
- в отдельных случаях теория предельного равновесия применяется к грунтовому массиву, находящемуся в запредельном состоянии (при $K_y < 1$).

Из множества методов оценки устойчивости можно выделить несколько групп, наиболее распространенных: методы, удовлетворяющие общему условию равновесия моментов, методы равновесия сил, методы равновесия сил и моментов. Кроме того, существуют методы, использующие другие подходы к оценке устойчивости откосов. Например, метод Ю. И. Соловьева. В группу методов равновесия моментов входят метод круглоцилиндрической поверхности [5], метод Феллениуса (1936),

упрощенный метод Бишопа (1955), метод $\varphi = 0$ (Тейлор, 1937; Хуан, 1975) и метод логарифмической спирали (Тейлор, 1937; Хуан и Эвери, 1976). В качестве примера метода равновесия сил можно привести аналитический метод Г. М. Шахунянца. Данный метод удобнее применять, когда конфигурация поверхности скольжения на всем протяжении уже установлена [5].

Методы равновесия сил и моментов разработаны Янбу (1954, 1973), Моргенштерном и Прайсом (1965), а также Спенсером (1967), метод GLE (1976). Основная концепция этих методов одна и та же. Различие заключается лишь в допущениях о наклоне сил взаимодействия. Если соблюдается равновесие как моментов, так и сил, допущение о силах взаимодействия оказывает только небольшое влияние на полученные коэффициенты запаса. Все эти методы можно применять как для круглоцилиндрических, так и для произвольных поверхностей скольжения.

Для определения оползневого давления и устойчивости склонов для выявления зависимостей влияния внешних факторов в работе выбран аналитический метод Г. М. Шахунянца, как наиболее апробированный на практике. Метод Г. М. Шахунянца (рис. 1) в целом аналогичен методу касательных сил, однако в данном случае более строго соблюдены законы строительной механики.

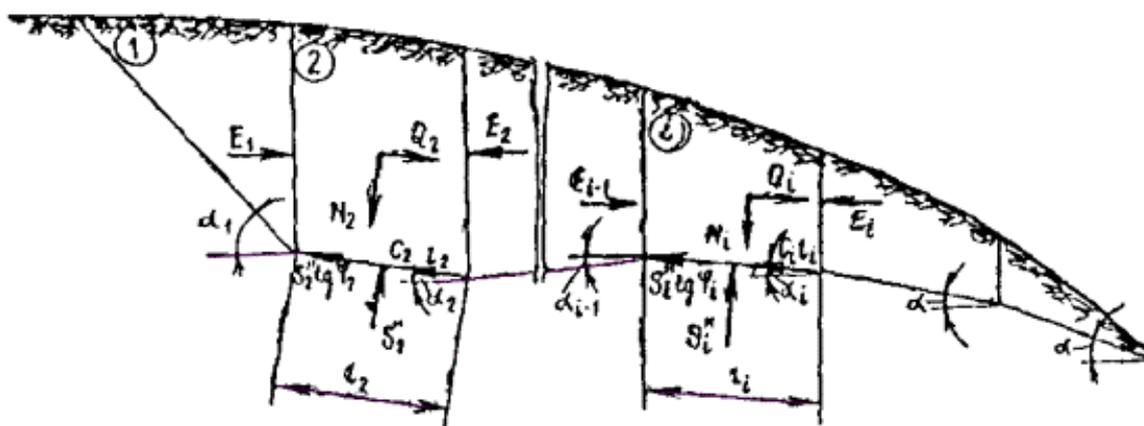


Рисунок 1 – Расчетная схема оползневого давления и устойчивости склона к аналитическому методу Г. М. Шахунянца [5]

ОПИСАНИЕ РАСЧЕТНОЙ СХЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование влияния различных факторов на общую устойчивость склона, а также на интенсивность оползневого давления проведены аналитическим методом Г. М. Шахунянца [5]. Методика расчета оползневого давления была усовершенствована, а именно: учет влияния фильтрационного воздействия грунтовых вод был заменен на учет порового давления воды. Данное исследование направлено на определение влияния факторов на интенсивность оползневого давления и дальнейший выбор конструктивного решения противооползневого сооружения.

Расчетная схема определения оползневого давления и устойчивости склона с прогнозной поверхностью скольжения представлена на рисунке 2. Исследование проведено с учетом прочностных характеристик грунтов представленных в таблице 1.

Таблица 1 – Прочностные характеристики грунта исследования

Изменяемый параметр	Величина
Удельный вес грунта γ , $кН/м^3$	19,0
Удельное сцепление c , $кПа$	5,0
Угол внутреннего трения φ , $град.$	10,0

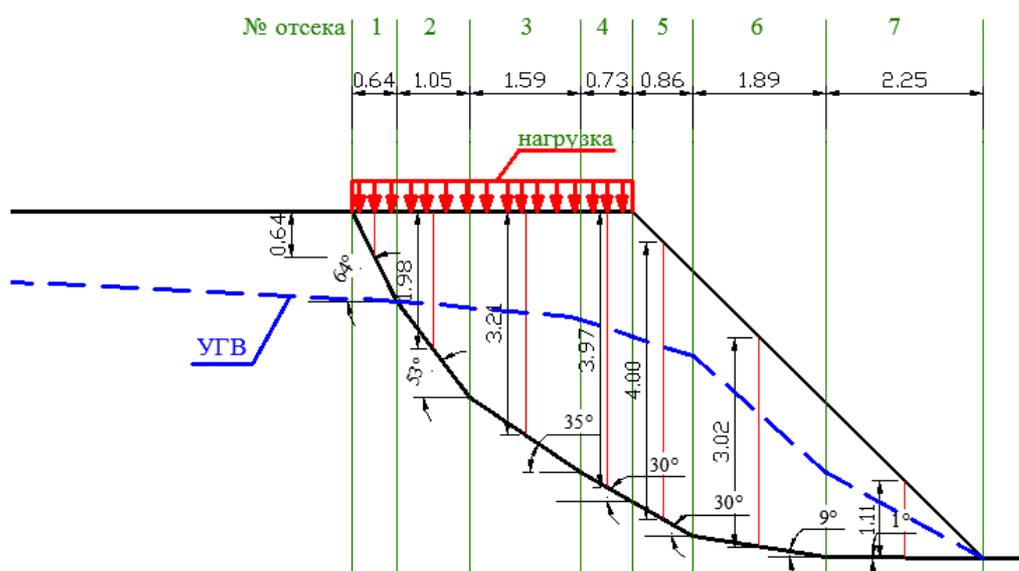


Рисунок 2 – Общая расчетная схема исследований

ВЛИЯНИЕ УРОВНЯ ГРУНТОВЫХ ВОД НА ВЕЛИЧИНУ ОПОЛЗНЕВОГО ДАВЛЕНИЯ

В процессе определения оползневого давления и устойчивости склона при различных условиях водонасыщения склона: от полного обводнения до отсутствия воды. Шаг изменения глубины залегания грунтовых вод составляет 0,5 м. Расчетная схема исследования влияния уровня грунтовых вод (УГВ) на интенсивность оползневого давления и устойчивости склона представлена на рисунке 3.

Согласно серии проведенных расчетов и анализу различных ситуаций получены зависимости изменения интенсивности оползневого давления от УГВ, что приведено на рисунке 4. Разница в величине оползневого давления при отсутствии УГВ до полного обводнения склона в средней и языковой частях оползня составляет 66,4 %. При этом коэффициент устойчивости склона снижается на 38,4 % (рис. 5). Таким образом видно, что уровень грунтовых вод в значительной степени влияет на оползневое давление и коэффициент устойчивости склона, а также на выбор конструктивного решения противооползневого сооружения.



Рисунок 3 – Расчетная схема исследования влияния уровня грунтовых вод (УГВ) на устойчивость склона и интенсивность оползневого давления

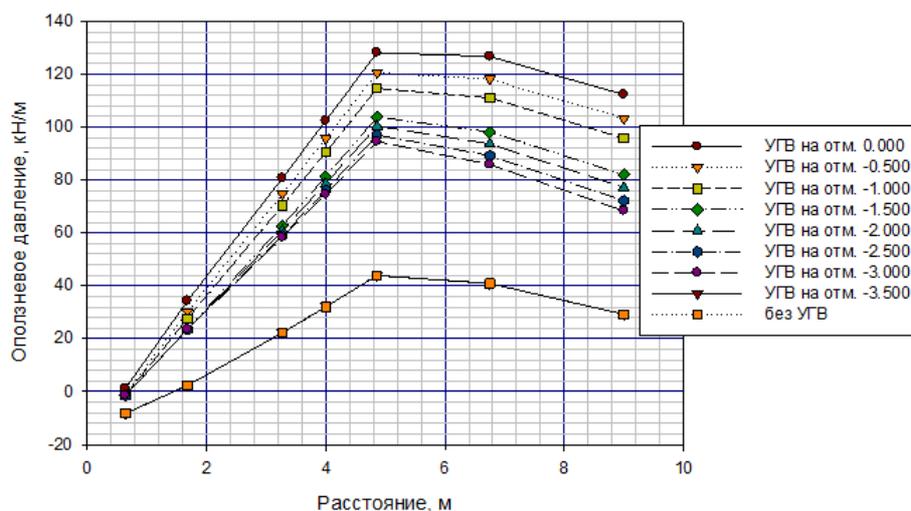


Рисунок 4 –Зависимость изменения оползневого давления от уровня грунтовых вод (УГВ)

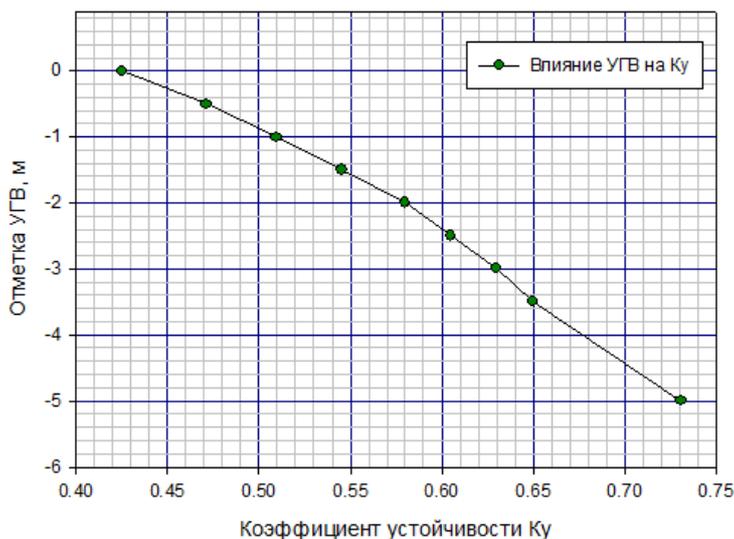


Рисунок 5 –Зависимость изменения коэффициента устойчивости склона от уровня грунтовых вод (УГВ)

ВЛИЯНИЕ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА СКЛОН (СТАТИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ)

В работе одной из расчетных ситуаций рассмотрено изменение оползневого давления от антропогенных воздействий (внешних статических нагрузок: нагрузка от здания или транспорта). Шаг изменения интенсивности внешней нагрузки q составляет 5 кПа (изменение от 0 до

40 кПа). Максимальная нагрузка $q = 40$ кПа соответствует нагрузке от двухэтажного здания [18]. Расчетная схема представлена на рисунке 2.

Согласно полученной зависимости (рис. 6) видно, что максимальное значение оползневого давления приходится ниже по склону, а не на краю приложенной нагрузки. В головной части склона, согласно графику, наблюдается меньшее влияние нагрузки, чем в языковой части. Разница в величине оползневого давления при изменении нагрузки с 0 кПа до 40 кПа в головной части склона составляет 4,5%, а в средней и языковой частях 54,4%. При этом коэффициент устойчивости склона снижается на 30,9% (рис. 7).

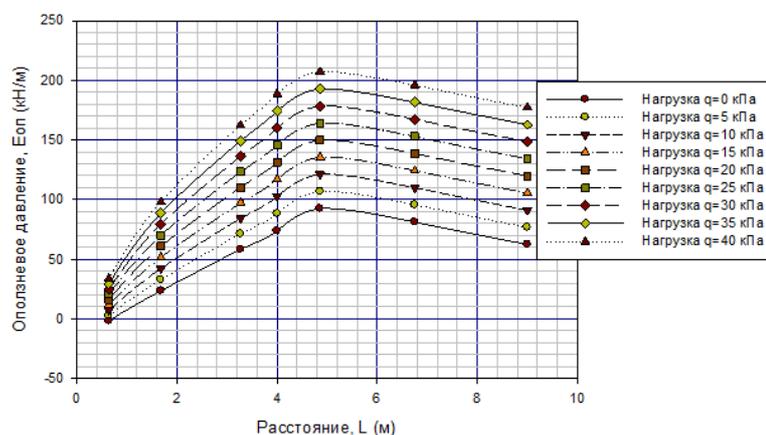


Рисунок 6 – Зависимость изменения оползневого давления от статической нагрузки

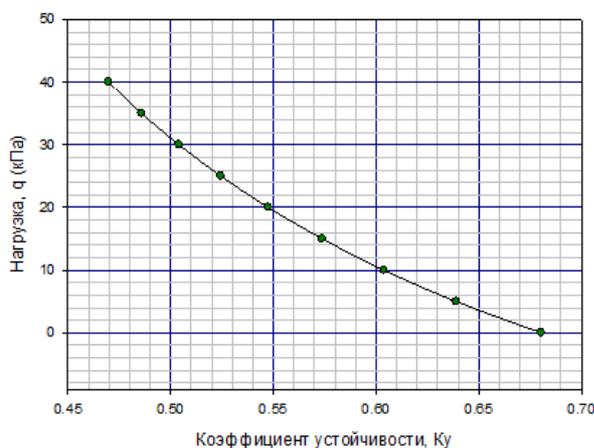


Рисунок 7 – Зависимость изменения коэффициента устойчивости склона от статической нагрузки

ВЛИЯНИЕ СЕЙСМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА СКЛОН

Сейсмическое воздействие является одним из самых опасных и непредсказуемых природных явлений. Сила землетрясения в России оценивается по двенадцатибалльной шкале. Землетрясения происходят из-за столкновения литосферных плит. Для понимания проблемы сейсмического воздействия разработана шкала, которая в общем виде описывает последствия землетрясения (табл. 2, 3).

Таблица 2 – Последствия землетрясений

Последствия землетрясений	<i>Социальные последствия</i> - воздействие сейсмических явлений на население, включает прямой социальный ущерб
	<i>Природные последствия</i> - неблагоприятные изменения ландшафтных условий, ухудшение качества атмосферного воздуха, снижение качества воды и ёмкости рекреационно-оздоровительных ресурсов
	<i>Природно-техногенные последствия</i> землетрясений сказываются на природной среде охваченного землетрясением района в результате нарушения искусственно созданных сооружений

Для проведения расчетов с учетом сейсмических воздействий определяется максимально возможная сила по картам районирования, представленным в [18, 19]. Расчеты откосов и склонов в районах, для которых сила землетрясения оценивается в 7 баллов и выше, производятся с учетом сейсмичности. Однако, на отдельных участках одного и того же по балльности района фактическая сила землетрясений может отличаться от средней в зависимости от геологических условий. Неблагоприятными в сейсмическом отношении являются: насыщенные водой гравийные, песчаные и лессовидные грунты; мягкопластичные и текучие глинистые грунты; участки местности с сильно расчлененным рельефом - обрывистые берега, овраги, ущелья; выветрелые и сильно нарушенные породы; участки с близким расположением линий тектонических разрывов. Менее опасны – неветрелые скальные грунты [5].

Таблица 3 – Шкала интенсивности землетрясений

Интенсивность, балл	Ощущения сейсмического воздействия и последствия
1 балл (незаметное)	Колебания почвы, отмечаемые прибором
2 балла (очень слабое)	Землетрясение ощущается в отдельных случаях людьми, находящимися в спокойном состоянии
3 балла (слабое)	Колебание отмечается немногими людьми
4 балла (умеренное)	Землетрясение отмечается многими людьми; возможно колебание окон и дверей
5 баллов (довольно сильное)	Качание висячих предметов, скрип полов, дребезжание стекол, осыпание побелки
6 баллов (сильное)	Легкое повреждение зданий: тонкие трещины в штукатурке, трещины в печах и т. п.
7 баллов (очень сильное)	Значительное повреждение зданий; трещины в штукатурке и отламывание отдельных кусков, тонкие трещины в стенах, повреждение дымовых труб
8 баллов (разрушительное)	Разрушения в зданиях: большие трещины в стенах, падение карнизов, дымовых труб. Оползни и трещины шириной до нескольких сантиметров на склонах гор
9 баллов (опустошительное)	Обвалы в некоторых зданиях, обрушение стен, перегородок, кровли. Обвалы, осыпи и оползни в горах
10 баллов (уничтожающее)	Обвалы во многих зданиях; в остальных – серьезные повреждения. Трещины в грунте (до 1 м), обвалы, оползни
11 баллов (катастрофа)	Многочисленные трещины на поверхности земли, большие обвалы в горах. Общее разрушение зданий
12 баллов (сильная катастрофа)	Изменение рельефа в больших размерах. Огромные обвалы и оползни. Общее разрушение зданий и сооружений

Учет сейсмического воздействия при расчете противооползневых удерживающих конструкций осуществляется добавлением к расчетным усилиям так называемой сейсмической силы. Сейсмическая сила Q_c приближенно определяется как доля от веса массы грунта, которая претерпевает сейсмическое воздействие:

$$Q_c = \mu \cdot P \quad (1)$$

где μ – коэффициент динамической сейсмичности, значения которого рекомендуется при расчете естественных склонов принимать по табл. 4.

Таблица 4 – Коэффициент динамической сейсмичности μ

Сейсмическая балльность района	1 – 6	7	8	9	10	11	12
Коэффициент μ	0	0,025	0,05	0,10	0,25	0,50	> 0,75

В процессе определения оползневого давления и устойчивости склона при различных сейсмических воздействиях: от отсутствия нагрузки до максимальной, соответствующей 12 баллам. Расчетная схема исследования влияния статической нагрузки на интенсивность оползневого давления и устойчивости склона представлена на рисунке 13.

Рассмотрены следующие условия, действующие на склон:

- коэффициент динамической сейсмичности $\mu=0$ (от 0 до 6 баллов);
- коэффициент динамической сейсмичности $\mu=0,025$ (7 баллов);
- коэффициент динамической сейсмичности $\mu=0,05$ (8 баллов);
- коэффициент динамической сейсмичности $\mu=0,075$;
- коэффициент динамической сейсмичности $\mu=0,1$ (9 баллов);
- коэффициент динамической сейсмичности $\mu=0,2$;
- коэффициент динамической сейсмичности $\mu=0,25$ (10 баллов);
- коэффициент динамической сейсмичности $\mu=0,4$;
- коэффициент динамической сейсмичности $\mu=0,5$ (11 баллов);
- коэффициент динамической сейсмичности $\mu=0,75$ (12 баллов).

Согласно полученным результатам расчетов выявлено (рис. 8), что при сейсмической нагрузке, соответствующей 10-12 баллам оползневое давление существенно возрастает, при этом будет практически невозможно запроектировать противооползневое сооружение, удерживающее такую динамическую нагрузку. Проектирование сооружений при сейсмике до 9 баллов может быть рассмотрено. Нагрузка, приходящаяся на ось сооружения, возрастает в 20 раз при сейсмическом воздействии равном 9 баллам и в 72 раза при 12 баллам. При этом,

коэффициент устойчивости снижается на 55,9 %. Коэффициент устойчивости снижается нелинейно (рис. 9).

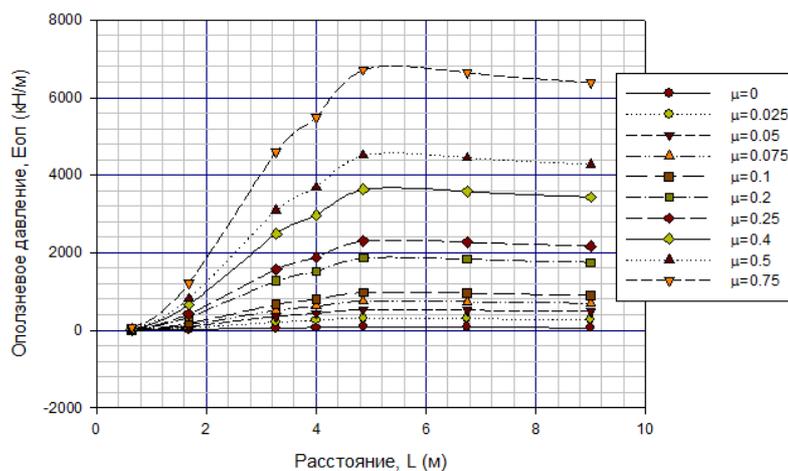


Рисунок 8 –Зависимость изменения оползневой нагрузки от динамической (сейсмической) нагрузки

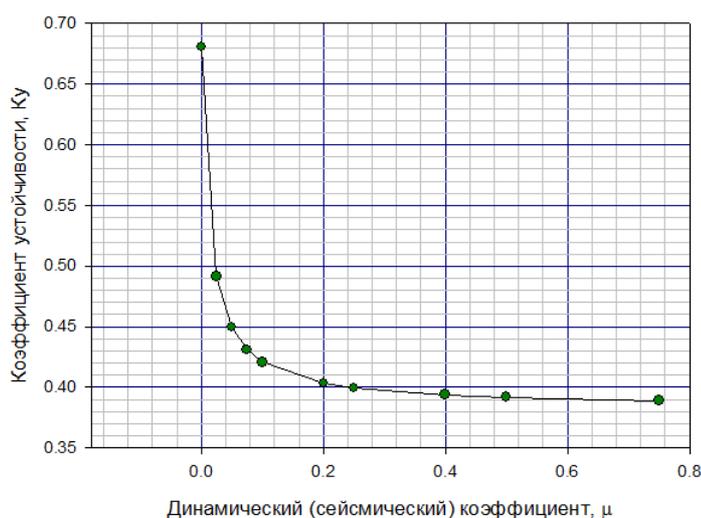


Рисунок 9 –Зависимость изменения коэффициента устойчивости склона от динамической нагрузки

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Согласно полученным графикам изменения оползневой нагрузки и устойчивости склона выявлено, что наибольшее влияние на склон оказывает сейсмическое воздействие (при сейсмике более 7 баллов). Любое сочетание нагрузок в совокупности с сейсмическим воздействием будет оказывать значительное воздействие на общую устойчивость и на

интенсивность горизонтальной нагрузки. Проведенное исследование позволило сделать следующие выводы:

1. Оптимальным методом расчета оползневого давления и устойчивости склона является метод Г. М. Шахунянца, как наиболее апробированный и указанный в нормативных источниках.
2. Разница в величине оползневого давления при отсутствии УГВ до полного обводнения склона составляет 66,4%. При этом коэффициент устойчивости склона снижается на 38,4 %.
3. Разница в величине оползневого давления при изменении нагрузки с 0 кПа до 40 кПа в головной части склона составляет 4,5%, а в средней и языковой частях 54,4%. При этом коэффициент устойчивости склона снижается на 30,9%.
4. При сейсмической нагрузке, соответствующей 10-12 баллам оползневое давление существенно возрастает. Проектирование противооползневых сооружений на участках с такой сейсмичностью потребует либо разработки уникальных решений, либо общепринятых защитных конструкций большой несущей способности, что приведет к значительным затратам на строительство. При этом будет практически невозможно запроектировать противооползневое сооружение, удерживающее такую динамическую нагрузку.
5. Нагрузка, приходящаяся на ось сооружения, возрастает в 20 раз при сейсмическом воздействии равном 9 баллам и в 72 раза при 12 баллам. При этом, коэффициент устойчивости снижается в 1,7 раз. При сейсмическом воздействии коэффициент устойчивости снижается нелинейно.
6. Строительство зданий и сооружений в районах с сейсмичностью более 9 баллов не рекомендуется либо должно быть обосновано.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Билеуш А. И. К расчету величины оползневой нагрузки и скорости смещения оползневых масс / А. И. Билеуш // Наука и техника в городском хозяйстве. – Вып. 49. – К.: Будивельник, 1982. – С. 45–50.
2. Богомолов А. Н. Причины активизации оползня на федеральной автомобильной дороге г. Сочи и мероприятия по его стабилизации / Богомолов А. Н. [и др.] // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. - 2012. - № 29 (48). - С. 6-14.
3. Богомолов А. Н. Стабилизация оползня на участке строительства железной дороги в г. Сочи / Богомолов А. Н. [и др.] // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. - 2012. - № 29 (48). - С. 15-25.
4. Гинзбург Л. К. Рекомендации по выбору расчета коэффициента устойчивости склона и оползневой нагрузки / Гинзбург Л. К. – М.: Центральное бюро научно-технической информации, 1986. – 124 с.
5. Железнодорожный путь / под ред. проф. Т. Г. Яковлевой // М. : Транспорт. – 1999. – С. 300–310.
6. Коломиец М. С. Применение анкерных свай в противооползневых сооружениях / М. С. Коломиец, С. И. Маций, А. К. Рябухин. // Научное обеспечение агропромышленного комплекса 2012. -2012. -С. 399-400.
7. Лейер Д. В. Оптимизация методики расчета защитного сооружения на свайном основании, «обтекаемого» оползневыми глинистыми грунтами / Д. В. Лейер // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2016. – №05(119). – IDA [article ID]: 1191605083. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2016/05/pdf/83.pdf>, 1,063 у.п.л.
8. Лейер Д. В. Инженерная защита опор эстакад на оползневых склонах города Сочи (Краснодарский край) / Д. В. Лейер // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. 2016. Т. 7. № 3. С. 127-143.
9. Лесной В. А. Практика проведения геотехнического мониторинга при строительстве автодорожных тоннелей «Дублера Курортного проспекта» в г. Сочи / В. А. Лесной, С. И. Маций, Д. В. Лейер, А. О. Конева, А. К. Рябухин, Л. К. Рябухин, М. С. Ткачева // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. - 2016. - № 120. - С. 449-465.
10. *Ляшенко П.А., Шмидт О.А., Гохаев Д. В.*, Исследование на модели развития осадки буронабивной сваи // Научный журнал КубГАУ (Электронный ресурс), 2013, № 90 (06).
11. Маслов, Н. Н. Механика грунтов в практике строительства / Н. Н. Маслов // М. : Стройиздат. – 1977. – 320[12] с. ; 20 см. – Библиогр.: с. 312-318.
12. Маций С. И. Мониторинг и моделирование оползневых процессов на примере города Сочи / С.И. Маций, Д. В. Лейер, Е. В. Безуглова // Строительство и архитектура. - 2013. - Т. 1. № 1. - С. 54-61.
13. Маций, С. И. Свайно-анкерные противооползневые конструкции / С. И. Маций, А. К. Рябухин. – Краснодар : КубГАУ. – 2017. – 189 с. – ISBN 978-5-00097-369-1.
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. Совместная работа свай и анкерных свай в составе конструкции противооползневых сооружений на автомобильных дорогах: автореф. дис. ... канд. технич. наук / А. К. Рябухин. - Волгоград, 2013.

16. 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.

17. *Рябухин А.К., Мацый 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.

18. СП 20.13330.2011. Нагрузки и воздействия / Взамен СНиП 2.01.07-85* // М. : ФГУП ЦПП. – 2010.

19. СП 14.13330.2014. Строительство в сейсмических районах / Актуализированная редакция СНиП II-7-81 // М. : ФГУП ЦПП. – 2014.

20. *Шмидт О.А., Гохаев Д. В.*, Сопротивление 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.

References

1. Bileush A. I. K raschetu velichiny opolzneвого davlenija i skorosti smeshhenija opolznevyyh mass / A. I. Bileush // Nauka i tehnika v gorodskom hozjajstve. – Vyp. 49. – К.: Budivel'nik, 1982. – S. 45–50.

2. Bogomolov A. N. Prichiny aktivizacii opolznja na federal'noj avtomobil'noj doroge g. Sochi i meroprijatija po ego stabilizacii / Bogomolov A. N. [i dr.] // Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Serija: Stroitel'stvo i arhitektura. - 2012. - № 29 (48). - S. 6-14.

3. Bogomolov A. N. Stabilizacija opolznja na uchastke stroitel'stva zheleznoj dorogi v g. Sochi/ Bogomolov A. N. [i dr.] // Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Serija: Stroitel'stvo i arhitektura. - 2012. - № 29 (48). - S. 15-25.

4. Ginzburg L. K. Rekomendacii po vyboru rascheta kojefficienta ustojchivosti sklona i opolzneвого davlenija / Ginzburg L. K. – М.: Central'noe bjuro nauchno-tehnicheskoy informacii, 1986. – 124 s.

5. Zheleznodorozhnyj put' / pod red. prof. T. G. Jakovlevoj // М. : Transport. – 1999. – S. 300–310.

6. Kolomic M. S. Primenenie ankernyh svaj v protivopolznevyyh sooruzhenijah / M. S. Kolomic, S. I. Macij, A. K. Rjabuhin. // Nauchnoe obespechenie agropromyshlennogo kompleksa 2012. -2012. -S. 399-400.

7. Lejer D. V. Optimizacija metodiki rascheta zashhitnogo sooruzhenija na svajnom osnovanii, «obtekaemogo» opolznevymi glinistymi gruntami / D. V. Lejer // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2016. – №05(119). – IDA [article ID]: 1191605083. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2016/05/pdf/83.pdf>, 1,063 u.p.l.

8. Lejer D. V. Inzhenernaja zashhita opor jestakad na opolznevyyh sklonah goroda

Sochi (Krasnodarskij kraj) / D. V. Lejer // Vestnik Permskogo nacional'nogo issledovatel'skogo politehnicheskogo universiteta. Stroitel'stvo i arhitektura. 2016. T. 7. № 3. S. 127-143.

9. Lesnoj V. A. Praktika provedenija geotehnicheskogo monitoringa pri stroitel'stve avtodorozhnyh tonnelej «Dublera Kurortnogo prospekta» v g. Sochi / V. A. Lesnoj, S. I. Macij, D. V. Lejer, A. O. Koneva, A. K. Rjabuhin, L. K. Rjabuhin, M. S. Tkacheva // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. - 2016. - № 120. - S. 449-465.

10. Ljashenko P.A., Shmidt O.A., Gohaev D. V., Issledovanie na modeli razvitija osadki buronabivnoj svai // Nauchnyj zhurnal KubGAU (Jelektronnyj resurs), 2013, № 90 (06).

11. Maslov, N. N. Mehanika gruntov v praktike stroitel'stva / N. N. Maslov // M. : Strojizdat. – 1977. – 320[12] s. ; 20 sm. – Bibliogr.: s. 312-318.

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

13. Macij, S. I. Svajno-ankernye protivopolznevye konstrukcii / S. I. Macij, A. K. Rjabuhin. – Krasnodar : KubGAU. – 2017. – 189 s. – ISBN 978-5-00097-369-1.

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

15. Rjabuhin A. K. Sovmestnaja rabota svaj i ankernyh svaj v sostave konstrukcii protivopolznevnyh sooruzhenij na avtomobil'nyh dorogah: avtoref. dis. ... kand. tehnič. nauk / A. K. Rjabuhin. -Volgograd, 2013.

16. Rjabuhin A.K. Sovmestnaja rabota svaj i ankernyh svaj v sostave konstrukcii protivopolznevnyh sooruzhenij na avtomobil'nyh dorogah (Krasnodarskij kraj)//Dissertacija kandidata tehničeskikh nauk: 05.23.11. Volgogradskij gosudarstvennyj arhitekturno-stroitel'nyj universitet. - Volgograd. -2013.

17. Rjabuhin A.K., Macij S.I., Bezuglova E.V. Issledovanie diapazona dopustimyh gorizonta'nyh peremeshhenij buronabivnyh svaj protivopolznevnyh sooruzhenij // Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Serija: Stroitel'stvo i arhitektura. - 2013. - № 31-2 (50). - S. 279-283.

18. SP 20.13330.2011. Nagruzki i vozdejstvija / Vzamen SNIp 2.01.07-85* // M. : FGUP CPP. – 2010.

19. SP 14.13330.2014. Stroitel'stvo v sejsmicheskikh rajonah / Aktualizirovannaja redakcija SNIp II-7-81 // M. : FGUP CPP. – 2014.

20. Shmidt O.A., Gohaev D. V., Soprotivlenie sdvigu grunta pri povtornom nagruženii obrazca // Mehanika gruntov v geotehnikе i fundamentostroenii: materialy mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoi konferencii, g. Novočerkassk 13-15 maja 2015 g. / Južno-Rossijskij gosudarstvennyj politehnicheskij universitet (NPI) imeni M.I. Platova. – Novočerkassk: JuRGPU (NPI), 2015. S. – 198-202.