



Источник фото: <https://stock.adobe.com/ru/search/free>

ВЛИЯНИЕ КОРРЕЛЯЦИИ МЕЖДУ ПРОЧНОСТНЫМИ ПОКАЗАТЕЛЯМИ СВОЙСТВ ДИСПЕРНЫХ ГРУНТОВ НА РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА УСТОЙЧИВОСТИ СКЛОНА

Принята к публикации 14.07.2025

Опубликована 18.08.2025

Фоменко И.К.

Профессор кафедры инженерной геологии гидрогеологического факультета Российского государственного геологоразведочного университета имени Серго Орджоникидзе (РГГУ-МГРИ), д. г.-м. н., г. Москва, Россия

Зеркаль О.В.

Ведущий научный сотрудник лаборатории инженерной геодинамики и обоснования инженерной защиты территорий кафедры инженерной и экологической геологии геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, к. г.-м. н., г. Москва, Россия
igzov@mail.ru

Самарин Е.Н.

Профессор кафедры инженерной и экологической геологии геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, д. г.-м. н., г. Москва, Россия
samarinen@mail.ru

АННОТАЦИЯ

Одним из важнейших направлений обоснования и обеспечения безопасности зданий и сооружений является оценка риска возникновения геологических процессов. Для более достоверных оценок при решении задач инженерной геологии необходимо рассчитывать не только детерминированный компонент инженерно-геологического процесса, как это до сих пор часто делается, но и его случайную составляющую. Никакой анализ риска или проектирование на основе теории надежности не могут быть выполнены без вероятностного анализа с использованием только коэффициента устойчивости. Поэтому требуется дальнейшее развитие вероятностных подходов к расчетам. В представленной статье демонстрируются эффективность и необходимость стохастического анализа для учета влияния корреляции между прочностными параметрами на вероятность развития оползневых процессов. При использовании коэффициента устойчивости корреляция между удельным сцеплением и углом внутреннего трения учтена быть не может. При стохастическом подходе при изменении коэффициента корреляции от 0 до 0,8 эта вероятность развития оползневых процессов закономерно уменьшается от 30 до 9,9%, то есть опасность развития оползневых процессов при учете корреляции между прочностными параметрами уменьшается в этом случае более чем в 3 раза. Таким образом, никакой анализ риска или проектирование на основе теории надежности не могут быть выполнены без вероятностного анализа с использованием только Куст.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

геологические процессы; оползневые процессы; оценка риска; устойчивость склона; коэффициент устойчивости; достоверная оценка; вероятностный подход; стохастический анализ; индекс надежности; корреляция; прочностные свойства.

ССЫЛКА ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Фоменко И.К., Зеркаль О.В., Самарин Е.Н. Влияние корреляции между прочностными показателями свойств грунтов на результаты расчета устойчивости склона // Геоинфо. 2025. Т. 7. № 2. С. 64–69.
DOI:10.58339/2949-0677-2025-7-2-64-69.

THE INFLUENCE OF CORRELATION BETWEEN STRENGTH INDICATORS OF DISPERSE SOIL PROPERTIES ON THE RESULTS OF SLOPE STABILITY CALCULATIONS

Accepted for publication 14.07.2025

Published 18.08.2025

Fomenko I.K.

DSc, professor at the Department of Engineering Geology, Faculty of Hydrogeology, Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting (RGGU-MGRI), Moscow, Russia

Zerkal' O.V.

PhD, leading researcher at the Laboratory of Engineering Geodynamics and Substantiating Territory Engineering Protection, Department of Engineering and Environmental Geology, Faculty of Geology, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia
igzov@mail.ru

Samarin E.N.

DSc, professor at the Department of Engineering and Ecological Geology, Faculty of Geology, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia
samarinen@mail.ru

ABSTRACT

One of the most important directions for justifying and ensuring the safety of buildings and structures is the assessment of the risk of geological processes. For more reliable assessments when solving engineering geology problems, it is necessary to calculate not only the deterministic component of the engineering-geological process, as is often done to this day, but also its stochastic component. No risk analysis or design based on reliability theory can be carried out without probabilistic analysis using only the stability coefficient. Therefore, further development of probabilistic approaches to calculations is required. The article presented demonstrates the effectiveness and necessity of stochastic analysis to account for the influence of correlation between strength parameters on the probability of landslide development. When using the stability coefficient, the correlation between the specific cohesion and the angle of internal friction cannot be taken into account. In the stochastic approach, as the correlation coefficient changes from 0 to 0.8, the probability of landslide development systematically decreases from 30% to 9.9%, meaning that the danger of landslide development with consideration of the correlation between strength parameters decreases by more than 3 times in this case. Thus, no risk analysis or design based on reliability theory can be carried out without probabilistic analysis using only FS.

KEYWORDS:

geological processes; landslide processes; risk assessment; slope stability; stability factor; reliable assessment; probabilistic approach; stochastic analysis; reliability index; correlation; strength properties.

FOR CITATION:

Fomenko I.K., Zerkal' O.V., Samarin E.N. Vliyanie korrelyatsii mezhdu prochnostnymi pokazatelyami svoystv gruntov na rezul'taty rascheta ustoychivosti sklona [The influence of correlation between strength indicators of soil properties on the results of slope stability calculations] // GeoInfo. 2025. T. 7. № 2. S. 64–69. DOI:10.58339/2949-0677-2025-7-2-64-69 (in Rus.).

ВВЕДЕНИЕ ►

В настоящее время одним из важнейших направлений обоснования и дальнейшего обеспечения безопасности зданий и сооружений в соответствии с «Техническим регламентом о безопасности зданий и сооружений», утвержденным Федеральным законом от 30.12.2009 № 384-ФЗ (в ред. от 02.07.2013), является оценка риска возникновения геологических процессов.

Согласно ГОСТ Р 51897-2021 [1] риск определяется как влияние неопределенности на достижение поставленных целей. В рамках риск-анализа проявления геологических и инженерно-геологических процессов рассматриваются как опасность (то есть как событие, являющееся источником риска), характеризующаяся вероятностью (или частотой) появления [1, 2]. Отсюда явно следует то, что результаты инженерно-геологических исследований, инженерных изысканий должны включать оценку вероятности (или частоты) развития/акти-

визации геологических процессов, из которых одними из наиболее опасных являются оползневые процессы.

Вместе с тем используемые в инженерно-геологической практике традиционные подходы к количественной оценке устойчивости склонов ориентированы в первую очередь на определение положения в массиве поверхности с минимальными значениями коэффициента устойчивости, или коэффициента запаса ($K_{уст}$), которая является либо потенциальной поверхностью разрушения, либо сформировавшейся плоскостью скольжения. Получаемые при этом величины $K_{уст}$ отражают состояние склонового массива исключительно на момент, когда грунты, слагающие массив, характеризуются показателями, принятыми в качестве исходных. Причем предполагается, что прочностные характеристики грунтов точно известны, являются неизменными и однородными.

Получаемые при количественной оценке устойчивости склонов детерми-

нированные значения $K_{уст}$ традиционно рассматриваются в качестве критерия оценки опасности развития оползневых смещений. Именно этот подход в настоящее время закреплён в действующих нормативных документах.

Очевидно, что описанный традиционный подход не обеспечивает получение оценок вероятности (или частоты) развития/активизации оползневых процессов. В то же время на развитие процессов и формирование физико-механических параметров грунтов широкое воздействие оказывают различные случайные факторы, так как геологический процесс не является полностью детерминированным [3].

Отсутствие полноты информации о составе, строении и свойствах грунтов, о механизмах проходящих в них процессов зачастую вызывает вопросы при проектировании и строительстве объектов. Сбор, накопление и анализ данных, как правило, сопровождающиеся ошибками измерений, а также неодно-

значность использования той или другой математической модели или расчетной методики искажают скудную информацию об инженерно-геологических условиях. Указанные выше и многие другие факторы вызывают неопределенность определения и представления инженерно-геологических условий, в частности в геотехнической модели [4].

Поскольку неопределенность тесно связана со случайными величинами и их вероятностной природой, то для более достоверных оценок при решении задач инженерной геологии необходимо рассчитывать не только детерминированный компонент инженерно-геологического процесса, но и его случайную составляющую. Это является мотивацией к развитию вероятностных подходов к расчетам.

Ранее авторами была показана возможность вероятностных количественных оценок устойчивости склонов [5–8]. Особенностью таких оценок является использование в качестве исходных данных не скалярных величин, используемых при традиционном детерминированном подходе, а функции распределения свойств грунтов [9]. Однако даже использование вероятностной методологии при расчетах не гарантирует достоверность оценки надежности. Необходимо сделать следующий шаг и перейти к стохастическому системному анализу, который объединяет детерминированный и вероятностный подходы.

Цель статьи – продемонстрировать эффективность и необходимость стохастического анализа при оценке надежности на примере расчета устойчивости склона.

Таблица 1. Характеристики свойств грунтов, принятые при модельных расчетах

Параметр	Среднее значение	Стандартное отклонение
Плотность, г/см ³	2,114	0,04412
Удельное сцепление, кПа	36,0	5,209
Угол внутреннего трения, град.	17,9	2,7

Использованная методика и полученные результаты ▶

Основная идея количественной вероятностной оценки устойчивости склонов заключается в учете фактически наблюдаемой изменчивости факторов (их количественных показателей), учитываемых при расчетах. В современной практике, как правило, для каждого фактора оползнеобразования (прочностных характеристик грунтов, положений уровней подземных вод, величин сейсмических воздействий и др.) можно получить статистическое распределение. На этой основе возможен (с использованием метода Монте-Карло) расчет вероятностного распределения коэффициента устойчивости склона, меняющегося в зависимости от учитываемых значений показателей, и проведение оценки влияния последних на устойчивость склонового массива. При этом корреляционные связи между различными факторами не учитываются и они рассматриваются как полностью независимые переменные. Однако известно, например, что удельное сцепление и угол внутреннего трения корреляционно связаны. Эта связь может быть объяснена зависимостью прочностных свойств грунтов от их гранулометриче-

ского состава. Как правило, глинистым грунтам свойственны низкие углы внутреннего трения и повышенные значения сцепления, а супесчаные грунты, наоборот, имеют более высокие углы внутреннего трения и низкое сцепление.

В то же время изменчивость гранулометрического состава и свойств грунтов будет наблюдаться и в пределах одного инженерно-геологического элемента, а следовательно, между прочностными показателями будет корреляционная связь.

Чтобы оценить влияние корреляции между сцеплением и углом внутреннего трения на результаты оценки устойчивости склона, была выполнена серия расчетов с различными коэффициентами корреляции между этими прочностными параметрами. С целью исключения влияния методов оценки устойчивости и оптимизации поверхности скольжения на получаемые результаты расчеты были выполнены с использованием простого метода Ямбу [10] по круглоцилиндрической поверхности. В качестве модельного был принят склон высотой 20 м, имеющий уклон 40° и сложенный грунтами, близкими по своим свойствам к моренным суглинкам московского горизонта. Показатели

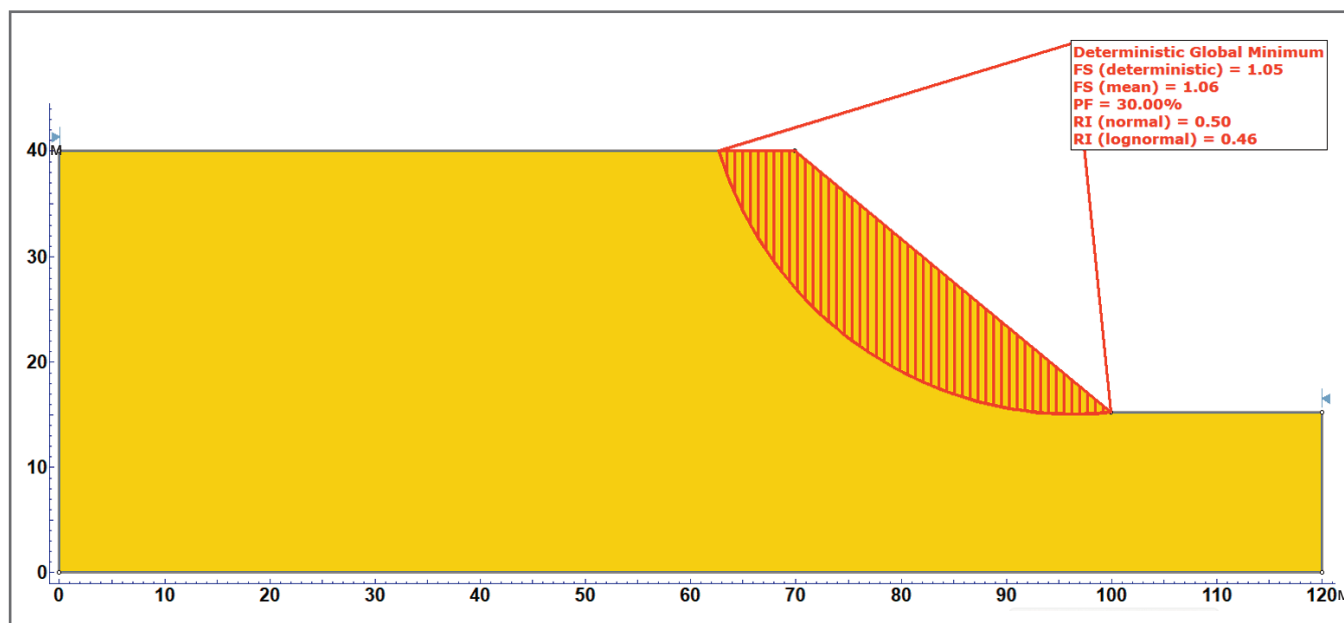


Рис. 1. Итоговая геомеханическая схема с результатами оценки устойчивости склона с использованием метода Ямбу

свойств грунтов, принятые при расчетах в качестве исходных данных, и результаты их статистической обработки, приведены в таблице 1.

Итоговая геомеханическая схема с результатами оценки устойчивости модельного склона указанным путем приведена на рисунке 1. В таблице 2 показаны численные результаты этой количественной оценки. Из таблицы видно, что при использовании только коэффициента устойчивости корреляция между удельным сцеплением и углом внутреннего трения учтена быть не может. Ведь с увеличением коэффициента корреляции вероятность потери склоном устойчивости не остается постоянной в отличие от $K_{уст}$, величина которого не меняется (см. таблицу 2, рис. 2). При изменении коэффициента корреляции от 0 до 0,8 эта вероятность закономерно уменьшается от 30 до 9,9%, то есть опасность развития оползневого процесса при учете корреляции между прочностными параметрами уменьшается в этом случае более чем в 3 раза. Таким образом, никакой анализ риска или проектирование на основе теории надежности не могут быть выполнены без вероятностного анализа с использованием только $K_{уст}$, что является прошлым мировой геотехники.

Не менее важный показатель при оценке оползневой опасности – индекс надежности β , который является мерой нормализации коэффициента устойчивости склона по его стандартному отклонению [11]:

$$\beta = \frac{K_{уст} - 1,0}{\sigma_{K_{уст}}},$$

где $\sigma_{K_{уст}}$ – среднеквадратическое отклонение коэффициента устойчивости склона.

Данный показатель позволяет подойти к оценке устойчивости склонов с позиций теории надежности.

Количественная оценка надежности на основе стохастического подхода является объективной мерой принимаемых технических решений [4]. На рисунке 3 приведена полученная по результатам расчетов зависимость индекса надежности от коэффициента корреляции между удельным сцеплением и углом внутреннего трения грунтов. Согласно рекомендациям департамента военных инженеров армии США (рис. 4) [2], в зависимости от величины этого коэффициента уровень надежности модельного склона будет меняться от аварийно-опасного (при отсутствии корреляции между прочностными свой-

Таблица 2. Результаты оценки устойчивости модельного склона

Коэффициент корреляции между сцеплением и углом внутреннего трения	Детерминированный $K_{уст}$	Среднестатистический $K_{уст}$	Вероятность потери устойчивости, %	Индекс надежности
0	1,05	1,06	30	0,5
0,2	1,05	1,06	26,2	0,62
0,4	1,05	1,06	22,6	0,72
0,6	1,05	1,06	17,8	0,88
0,8	1,05	1,06	9,9	1,23

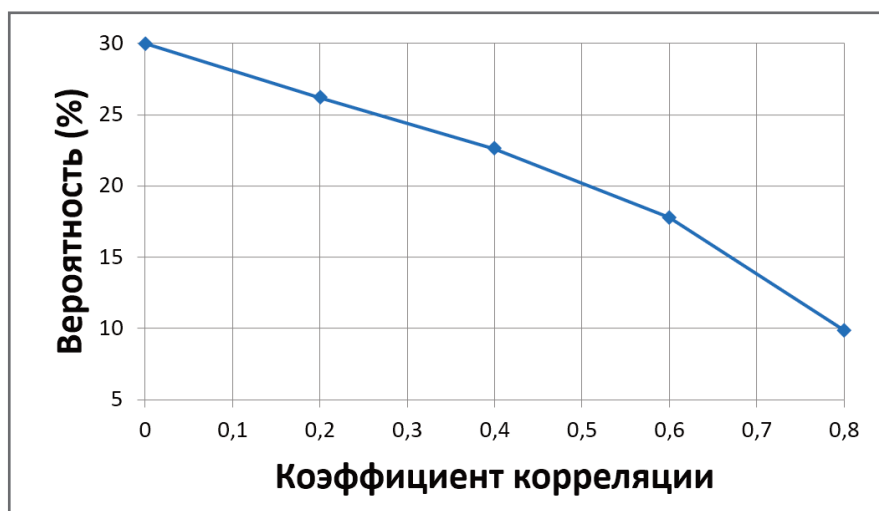


Рис. 2. Зависимость вероятности развития оползневого процесса от коэффициента корреляции между удельным сцеплением и углом внутреннего трения грунтов

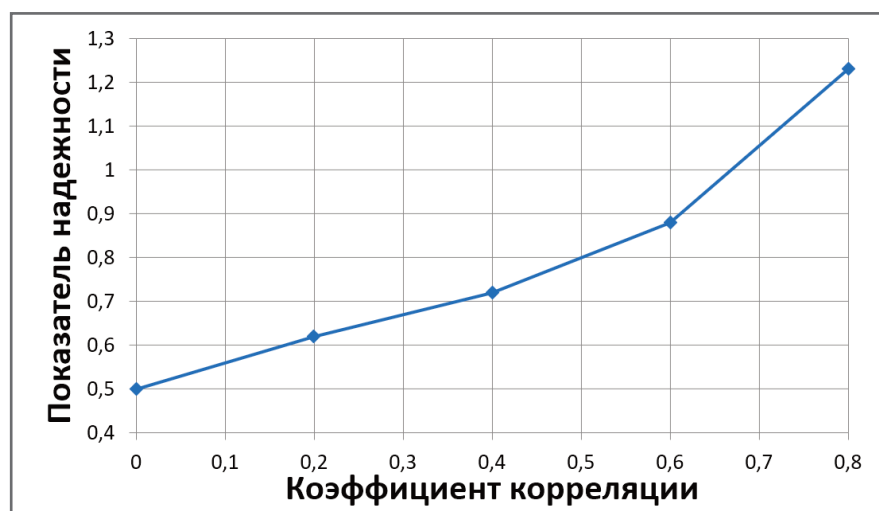


Рис. 3. Зависимость индекса надежности от коэффициента корреляции между удельным сцеплением и углом внутреннего трения грунтов

ствами, $\beta < 1$) до ненадежно-опасного уровня ($0,6 < \beta < 2,3$).

Заключение ►

В настоящее время в мире существует два основных подхода к количественной оценке устойчивости склонов при принятии проектных решений. Первый основан на детерминированном анализе с использованием коэффициентов без-

опасности/устойчивости. Именно на этом подходе базируется принятие проектных решений в России и, как следствие, именно его использование прописано во всех нормативных документах. По своей сути данное направление для достижения безопасности зданий и сооружений, с одной стороны, использует принцип избыточного проектирования, а с другой – полностью игнори-

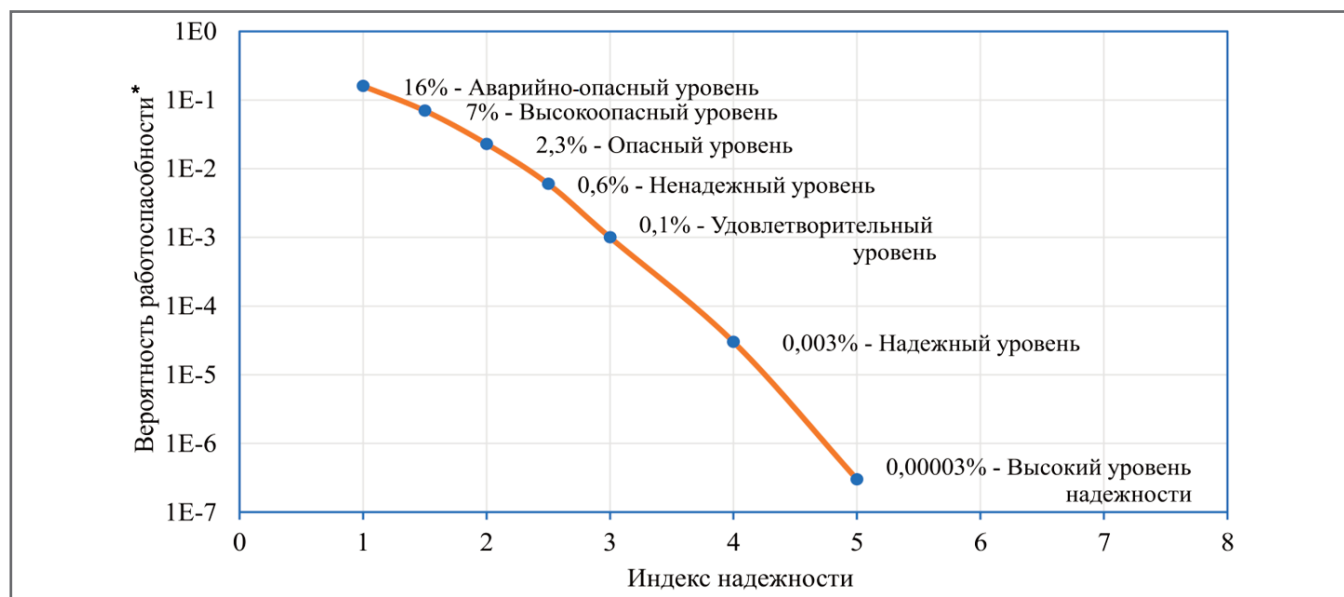


Рис. 4. Зависимость уровня вероятности от индекса надежности (по рекомендациям [12])

* В теории надёжности под работоспособностью понимается состояние объекта, при котором он способен выполнять заданные функции с параметрами, установленными требованиями технической документации.

рует факт изменчивости свойств грунтов и связанной с этим неопределенности закладываемых в расчет показателей. К слову, К. Терцаги отмечал: «Быстрое развитие механики грунтов, к сожалению, сопровождалось одним нежелательным психологическим эффектом. От внимания ряда исследователей и ученых стали ускользать многочисленные ограничения, налагаемые природой на приложение математики к проблемам геотехники. В областях строительной техники инженер сталкивается с результатом действия сил на сооружения, построенные из искусственно приготовленных материалов, например таких как сталь или бетон, или из тщательно отобранных естественных материалов, например таких как дерево или камень. Так как свойства этих материалов определяются вполне надежно, вопросы проектирования соответствующих конструкций почти всегда могут быть решены либо теоретически, либо методом моделирования. С другой стороны, любое утверждение или заключение, относящееся к грунтам в естественном залегании, содержит много неопределенного. В некоторых случаях исходные

положения, лежащие в основе проектирования, являются не более чем грубыми рабочими гипотезами, которые могут быть далеки от истины» [13].

Для повышения эффективности проектирования в практику внедряются все более сложные модели грунтов. При этом полностью игнорируется то, что усложнение модели приводит к возрастанию неопределенности. Так, для модели Мора – Кулона необходимы пять входных параметров, а для модели упрочняющегося грунта (Hardening Soil) – уже десять. Безусловно, для описания процесса деформирования образца при трехосных испытаниях вторая модель предпочтительна. Однако при переходе от образца к грунтовому массиву масштабный эффект будет проявляться в росте неоднородности, которая при увеличении числа входных параметров модели приведет к тому, что полученные результаты могут быть далеки от истины (в полном соответствии с приведенным выше высказыванием К. Терцаги [14]).

Второй подход основан на стохастическом анализе и количественной оценке надежности. Он все более активно внедряется в лучшую мировую практи-

ку проектирования. В сравнении с детерминированным стохастический подход обладает объективностью и гибкостью, так как позволяет учитывать большое количество случайных и закономерных факторов без усложнения расчетных детерминированных моделей и проводить расчеты надежности системы в разнообразных грунтовых условиях [14]. Необходимыми условиями для его применения являются качественно выполненные инженерные изыскания, существенно превышающие по объемам прописанные в действующих нормативных документах, а также грамотные специалисты, понимающие эффективность данного подхода.

Приведенный в статье пример показывает, что оценка устойчивости склона может быть улучшена путем учета взаимосвязи прочностных характеристик грунтов – хорошо известного факта в практике инженерно-геологических изысканий. Но пока согласно отечественной практике принятия проектных решений безопасность может быть обеспечена только за счет реализации дорогостоящих решений по инженерной защите. **и**

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ ►

- ГОСТ Р 51897-2021. Менеджмент риска. Термины и определения. М., РСТ, 2021.
- United States Army Corps of Engineers. Engineering and Design: Introduction to Probability and Reliability Methods for Use in Geotechnical Engineering. Engineer Technical Letter 1110-2-547. Washington, DC, USA: Department of the Army, 1997.
- Бондарик Г.К. Общая теория инженерной (физической) геологии. М.: Недра, 1981. 256 с.
- Кургузов К.В., Фоменко И.К., Сироткина О.Н. Вероятностно-статистические подходы при оценке неопределенности литотехнических систем // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. 2020. № 2. С. 80–89.
- Зеркаль О.В., Фоменко И.К. Влияние различных факторов на результаты вероятностного анализа активизации оползневых процессов // Инженерная геология. 2016. № 1. С. 16–21.

6. Зеркаль О.В., Фоменко И.К. Оценка геологического риска с использованием вероятностного анализа при количественной оценке устойчивости склона // Материалы 10-й Международной научно-практической конференции по проблемам снижения природных опасностей и рисков «Анализ, прогноз и управление природными рисками с учетом глобального изменения климата» (ГЕОРИСК-2018). М.: РУДН, 2018. Т. 1. С. 303–308.
7. Кан К., Зеркаль О.В. Применение вероятностного анализа при количественной оценке устойчивости склона // Инженерная геология. 2017. № 4. С. 18–26.
8. Кан К., Фоменко И.К., Ван Ц., Никольская О.В. Вероятностная оценка устойчивости откоса в скальных грунтах на основе обобщенного критерия прочности Хоека – Брауна // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2020. № 5. С. 60–68.
9. Фоменко И.К., Кургузов К.В., Горобцов Д.Н., Новгородова М.А., Сироткина О.Н. Схематизация свойств грунтов при математическом моделировании в инженерной геологии и геотехнике // Геоинфо (электронный журнал). 2021. № 3.
10. Janbu N. Application of composite slip surfaces for stability analysis // Proceedings of the European Conference on Stability of Earth Slopes, Stockholm, 1954. Vol. 3. P. 43–49.
11. Krahn J. Stability modeling with SLOPE/W: an Engineering Methodology. Calgary: GEO-SLOPE International Ltd., 2004.
12. UNISDR Terminology on Disaster Risk Reduction // International Strategy for Disaster Reduction (UNISDR). Geneva: United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR), 2009.
13. Терцаги К., Пек Р. Механика грунтов в инженерной практике / под ред. М.Н. Гольдштейна, пер. с англ. А.В. Сулима-Самуйло. М.: Госстройиздат, 1958.
14. Крпоткин М.П., Фоменко И.К. Инженерно-геологические изыскания в России сегодня: проблемы нормативной технической документации, экспертизы и контроля качества // Инженерные изыскания. 2022. Т. 15, № 5/6. С. 8–23.

REFERENCES ►

1. GOST R 51897-2021. Menedzhment riska. Terminy i opredeleniya [Risk management. Terms and definitions]. М., RST, 2021 (in Rus.).
2. United States Army Corps of Engineers. Engineering and Design: Introduction to Probability and Reliability Methods for Use in Geotechnical Engineering. Engineer Technical Letter 1110-2-547. Washington, DC, USA: Department of the Army, 1997.
3. Bondarik G.K. Obshchaya teoriya inzhenernoi (fizicheskoi) geologii [General theory of engineering (physical) geology]. М.: Nedra, 1981. 256 s. (in Rus.).
4. Kurguzov K.V., Fomenko I.K., Sirotkina O.N. Veroyatnostno-statisticheskie podkhody pri otsenke neopredelennosti litotekhnicheskikh sistem [Probabilistic-statistical approaches in estimating uncertainty of lithotechnical systems] // Geoekologiya. Inzhenernaya geologiya. Gidrogeologiya. Geokriologiya. 2020. № 2. S. 80–89 (in Rus.).
5. Zerkal' O.V., Fomenko I.K. Vliyanie razlichnykh faktorov na rezul'taty veroyatnostnogo analiza aktivizatsii opolznevnykh protsessov [The influence of various factors on the probabilistic analysis results of activating landslide processes] // Inzhenernaya geologiya. 2016. № 1. S. 16–21 (in Rus.).
6. Zerkal' O.V., Fomenko I.K. Otsenka geologicheskogo riska s ispol'zovaniem veroyatnostnogo analiza pri kolichestvennoi otsenke ustoichivosti sklona [Assessing geological risk using probabilistic analysis in the quantitative estimation of slope stability] // Materialy 10-i Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii po problemam snizheniya prirodnnykh opasnostei i riskov «Analiz, prognoz i upravlenie prirodnymi riskami s uchetom global'nogo izmeneniya klimata» (GEORISK-2018). М.: RUDN, 2018. Т. 1. С. 303–308 (in Rus.).
7. Kan K., Zerkal' O.V. Primenenie veroyatnostnogo analiza pri kolichestvennoi otsenke ustoichivosti sklona [Application of probabilistic analysis in the quantitative assessment of slope stability] // Inzhenernaya geologiya. 2017. № 4. S. 18–26 (in Rus.).
8. Kan K., Fomenko I.K., Van Ts., Nikol'skaya O.V. Veroyatnostnaya otsenka ustoichivosti otkosa v skal'nykh gruntakh na osnove obobshchennogo kriteriya prochnosti Khoeka – Brauna [Probabilistic assessment of the stability of a rock slope on the basis of the generalized Hoek-Brown strength criterion] // Fiziko-tekhnicheskie problemy razrabotki poleznykh iskopaemykh. 2020. № 5. S. 60–68 (in Rus.).
9. Fomenko I.K., Kurguzov K.V., Gorobtsov D.N., Novgorodova M.A., Sirotkina O.N. Skhematizatsiya svoystv gruntov pri matematicheskoy modelirovaniy v inzhenernoi geologii i geotekhnike [Schematization of soil properties in mathematical modeling in Engineering Geology and Geotechnics] // Geoinfo: ehlektronnyi zhurnal. 2021. № 3 (in Rus.).
10. Janbu N. Application of composite slip surfaces for stability analysis // Proceedings of the European Conference on Stability of Earth Slopes, Stockholm, 1954. Vol. 3. P. 43–49.
11. Krahn J. Stability modeling with SLOPE/W: an Engineering Methodology. Calgary: GEO-SLOPE International Ltd., 2004.
12. UNISDR Terminology on Disaster Risk Reduction // International Strategy for Disaster Reduction (UNISDR). Geneva: United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR), 2009.
13. Terzaghi K., Peck R. Mekhanika gruntov v inzhenernoi praktike [Soil mechanics in engineering practice] / pod red. M.N. Gol'dshteina, per. s angl. A.V. Sulima-Samuilov. М.: Gosstroizdat, 1958 (transl. from Eng. into Rus.).
14. Kropotkin M.P., Fomenko I.K. Inzhenerno-geologicheskie izyskaniya v Rossii segodnya: problemy normativnoi tekhnicheskoi dokumentatsii, ehkspertizy i kontrolya kachestva [Engineering-geological surveys (site investigations) in Russia today: problems of the regulatory technical documentation, expertise and quality control] // Inzhenernye izyskaniya. 2022. Т. 15, № 5/6. S. 8–23.