



Источник изображения: Pixabay.com
The image source: Pixabay.com

ИНЖЕНЕРНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ КАК ИНСТРУМЕНТ УСТРАНЕНИЯ ОПАСНЫХ ПРИРОДНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА СТРОИТЕЛЬНЫЕ ОБЪЕКТЫ

ПОСПИШИЛ ПАВЕЛ

Факультет гражданского строительства
Горного института Остравского
технического университета (VSB-TUO),
г. Острава, Чехия
pavel.pospisil@vsb.cz

РОЗЫПАЛ АЛЕКСАНДР

Факультет гражданского строительства
Брненского технологического
университета, г. Брно, Чехия

АННОТАЦИЯ

Представляем адаптированный перевод доклада «Инженерные изыскания как инструмент устранения опасных природных воздействий на строительные объекты» (Pospisil, Rozsypal, 2017), который был сделан чешскими геотехниками в Праге на международной конференции «Создание эффективной и устойчивой транспортной инфраструктуры 2017» (BESTInfra2017). Эта обзорная работа также была опубликована в виде статьи в журнале *Materials Science and Engineering* («Материаловедение и инженерия») издательством британской благотворительной научной организации IOP (Institute of Physics – «Институт физики»), ставшей поистине международной. Данная статья, до сих пор не потерявшая актуальности, находится в открытом доступе по лицензии CC BY 3.0, которая позволяет распространять, переводить, адаптировать и дополнять ее при условии указания типов изменений и ссылки на первоисточник. В нашем случае полная ссылка на источник для представленного перевода (Pospisil, Rozsypal, 2017) приведена в конце.

Природные опасности и их воздействия на транспортные сооружения представляют собой наибольший фактор риска на этапе строительства, эксплуатации и технического обслуживания этих объектов. В статье говорится о процессе инженерных изысканий, направленных на устранение опасных природных воздействий на такие сооружения. Указано на важность поэтапной оценки состояния грунтовых массивов применительно к конкретному дорожному сооружению. Значительную роль играет сотрудничество между проектировщиками фундаментов и изыскателями, особенно для правильного определения геотехнической категории и характеристик выявленных инженерно-геологических элементов. Также отмечены достоинства и недостатки стандартизированных подходов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

инженерные изыскания; инженерно-геологические условия;
гидрогеологические условия; природные опасности; оценка рисков;
проектирование; строительство; дорожные сооружения.

ССЫЛКА ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Поспишил П., Розсыпал А. Инженерные изыскания как инструмент устранения опасных природных воздействий на строительный объект (пер. с англ.) // *Геоинфо*. 2024. Т. 6. № 1/2. С. 6–12 DOI:10.58339/2949-0677-2024-6-1/2-6-12

SITE INVESTIGATION AS TOOL FOR ELIMINATION OF NATURAL HAZARD IMPACTS ON CONSTRUCTION PROJECTS

POSPISIL PAVEL

Faculty of Civil Engineering, High school mining, Technical University of Ostrava (VSB-TUO), Ostrava, Czech Republic

ROZSYPAL ALEXANDR

Faculty of Civil Engineering, Brno University of Technology, Brno, Czech Republic

ABSTRACT

We present an adapted translation of the report "Site investigation as tool for elimination of natural hazard impacts on construction projects" (Pospisil, Rozsypal, 2017), which was made by Czech geotechnicians in Prague at the International "Building up efficient and sustainable transport infrastructure 2017" (BESTInfra2017). This review paper was also published as an article in the journal "Materials Science and Engineering" by the publishing company of the British scientific society "Institute of Physics" (IOP) that is now virtually international. It is an open access article under the CC BY 3.0 license that allows it to be distributed, translated, adapted, and supplemented, provided that the types of changes are noted and the original source is referred to. In our case, the full reference to the original paper (Pospisil, Rozsypal, 2017) for the presented translation is given in the end.

Natural hazards and their impacts on traffic structures represent the most risk factor during the construction phase and maintenance of traffic structures. The article deals with the process of site investigation focused on elimination of natural hazard impacts on the structures. It is described the importance of gradual assessment especially of rock environment conditions in relation to a specific traffic structure. A significant role plays the cooperation between foundation designers and site investigators especially for right classification of the geotechnical category and final determination of the characteristic values for documented rock formations. The positive and negative roles of standardized approaches included in various standards are also considered.

KEYWORDS:

site investigation; engineering-geological conditions; hydrogeological conditions; natural hazards; risk assessment; design; construction; road structures.

FOR CITATION:

Pospisil P., Rozsypal A. Inzhenernyie izyskaniya kak instrument ustraneniya opasnykh prirodnykh vozdeistviy na stroitel'nyi ob'ekt [Site investigation as tool for elimination of natural hazard impacts on construction projects] (translated from English into Russian) // *GeoInfo*. 2024. Vol. 6. № 1/2. S. 6–12 DOI:10.58339/2949-0677-2024-6-1/2-6-12 (in Rus.).

ВВЕДЕНИЕ ►

Высококачественный процесс строительства, особенно транспортного, гарантирует надежность таких готовых сооружений, как автомобильные и железные дороги, трубопроводы и т. д. Транспортные сооружения всегда были очень требовательными к проектированию и строительству, но в то же время уязвимыми по отношению к стихийным бедствиям, случайным и преднамеренным опасностям на всех этапах строительства и эксплуатации [1].

Крайне важно понимать основные концепции анализа рисков и теории управления рисками, включая терминологию.

Опасность – это угроза того, что нежелательное событие может произойти в будущем. Опасность не установлена как юридическое понятие.

Сценарий риска – это вариант наступления нежелательного события, его обстоятельств и условий, а также его развития во времени.

Источником опасности является фактор, который может инициировать нежелательное событие. Это может быть недостаточно изученный грунтовый массив, человеческий фактор, непроверенная технология строительства, слишком смелое проектирование сооружений, быстро меняющаяся внешняя среда на рассматриваемой террито-

рии, а также такие внешние воздействия, как плохие погодные условия или даже стихийное бедствие и т. п.

Нежелательное событие – это явление, которое, если произойдет, то причинит какой-либо ущерб носителям риска.

Ущерб является юридическим понятием. Это конкретный материальный или нематериальный вред, причиненный потерпевшим (носителям риска), в том числе непредвиденные затраты, связанные с предотвращением нежелательных событий или устранением последствий их возникновения, с утратой имущественной выгоды и т. п. Конечными последствиями в большинстве случаев яв-

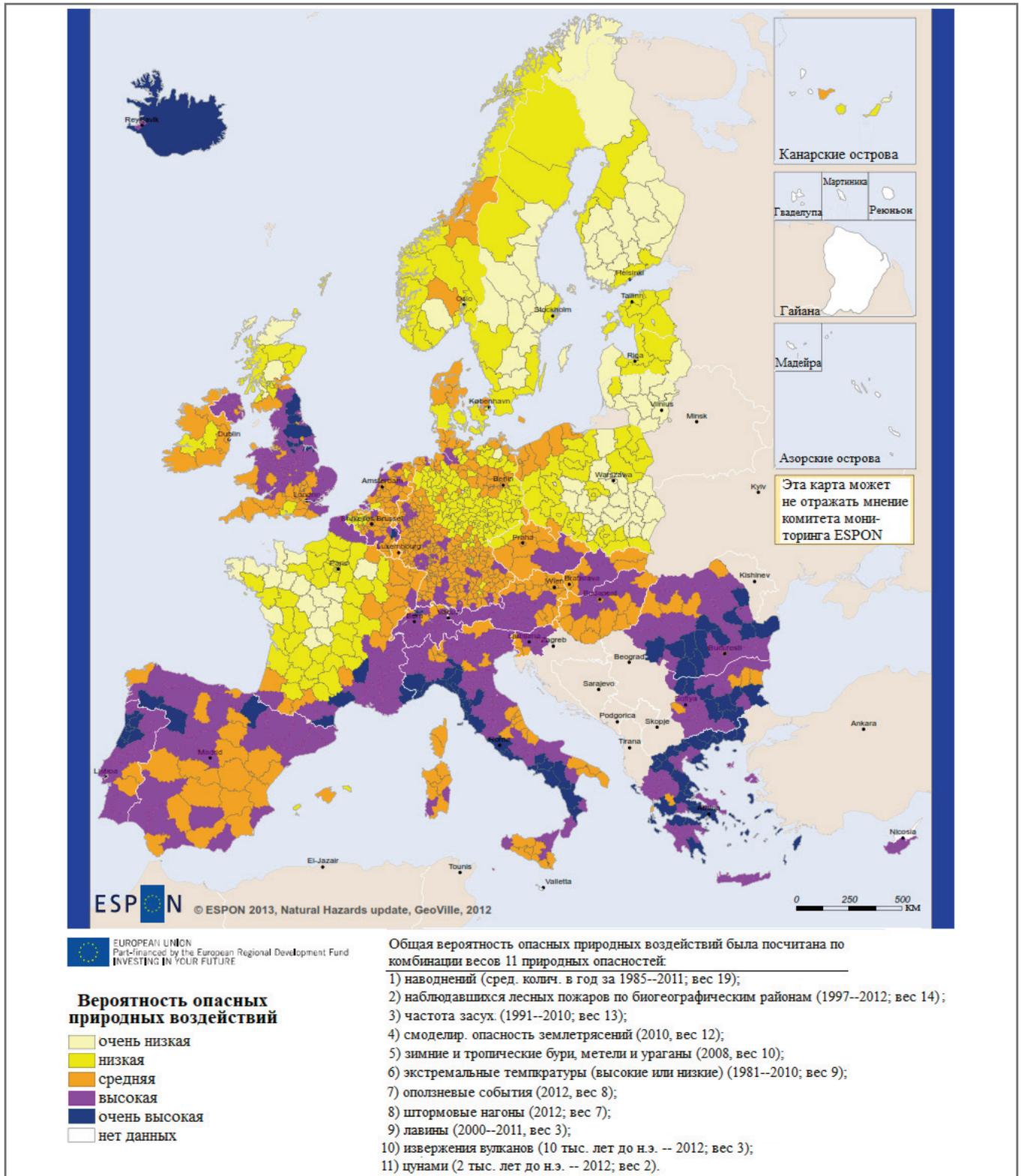


Рис. 1. Вероятности опасных природных воздействий для стран Европы и некоторых их заморских департаментов (источник: программа ЕС «ESPON 2006 1.3.1» [6])

ляются финансовые потери, которые уже возникли или скорее всего возникнут после нежелательного события.

Природные опасности угрожают всем строительным объектам. Поэтому на первом этапе инженерных изысканий необходимо выявить все потенциальные природные опасности, прежде всего: землетрясения, цунами, извержения

вулканов, наводнения, засухи, бури, ураганы, торнадо, эрозию, смещения грунта (включая оползни, морозное пучение, оседание), лавины, обледенение, химические угрозы (например, деградацию бетонных конструкций), лесные пожары, геомагнетизм.

Другими важными понятиями оценки риска являются уязвимость

конкретного сооружения и его эксплуатационные характеристики, связанные с возможностью противостоять нежелательному событию. Уязвимость включает потенциальную возможность физического ущерба и гибели людей в отношении: физических объектов, функциональных систем, окружающей среды, административ-

ной или финансовой деятельности, безопасности человека.

От *эффективности характеристик системы*, связанных с возможностью противостоять нежелательному событию, зависят последствия, возникающие в результате повреждения или сбоя системы, измеряемые такими показателями, как потери капитала и доходов, сбой в обслуживании и простои, несчастные случаи, выбросы опасных веществ или материалов, ущерб окружающей среде.

В дополнение к научным работам, посвященным природным опасностям и их воздействию на природную и урбанизированную среду [2–5], в рамках научной программы Европейского Союза ESPON, которая занималась территориальной оценкой конкретных регионов всех стран Европейского Союза в отношении возможных негативных воздействий, вызванных природными и техногенными опасностями, был выполнен проект «Пространственные эффекты и управление природными и техногенными опасностями в Европе – ESPON 1.3.1» [6].

С точки зрения природных опасностей южные и юго-восточные страны ЕС в особенности могут подвергаться воздействиям эндогенных опасностей (землетрясений и извержений вулканов).

Основными природными опасностями в регионах Центральной Европы, влияющими на сооружения в процессе их строительства и эксплуатации, являются определенные свойства и поведение грунтовых массивов и их изменение с течением времени (смещения грунтов). Кроме того, существуют и экзогенные воздействия, такие как экстремальные атмосферные осадки, вызывающие эрозию грунтов, и, возможно, наводнения. В последнее время проблемой стали также и засухи, влияющие на качество некоторых типов грунтовых массивов (например, вызывающие их уплотнение).

Бури, лавины, обледенение, химические опасности являются локальными, а не региональными факторами влияния. Более того, эти события весьма случайны.

А вот геомагнетизм играет очень специфическую роль. Геомагнитное поле Земли постоянно меняется и потенциально может повлиять на электронные приборы и таким образом оказать негативное влияние на многие сферы человеческой деятельности, особенно на транспорт и управление дорожным движением.

Общая классификация природных опасностей для конкретных регионов ЕС показана на рисунке 1.

УСТРАНЕНИЕ ПРИРОДНЫХ ОПАСНОСТЕЙ ►

Ликвидация природных опасностей – сложный процесс, который должен составлять неотъемлемую часть каждого строительного проекта, особенно в транспортной сфере. Этого можно достичь путем последовательного применения анализа и управления рисками в процессе разработки и реализации проектов.

Анализ рисков ►

Анализ рисков представляет собой последовательность процедур их идентификации и количественной оценки. Он включает параметрический анализ различных возможностей, которые можно принять во внимание для снижения конкретных рисков (то есть ответы на вопросы о том, какие инструменты можно применить для снижения вероятности нежелательного события, какие действия и при каких условиях можно предпринять для уменьшения последствий нежелательных событий, то есть для снижения ущерба и потерь, и т. п.). Также выполняется анализ обстоятельств, при которых могут появиться потенциальные опасности, которые могут привести к нежелательным событиям и их развитию. Такая работа ориентирована на оценку внешних, а также случайных факторов, которые могут повлиять на ход нежелательных событий.

При этом анализ рисков не включает в себя процесс принятия решений, направленный на снижение рисков.

Результаты анализа рисков (их оценки) позволяют применять процедуры управления ими при подготовке проекта и прежде всего при строительстве. Управление рисками является основой выбора оптимальных вариантов проектных решений и технологических процессов при дальнейшем строительстве.

Идентификация рисков

Определение источников риска – это процедура, в результате которой составляется список всех возможных нежелательных событий с описанием обстоятельств, при которых они могут произойти. По сути, это перечень всех опасностей, которые можно учитывать, и описание сценариев их возникновения и развития.

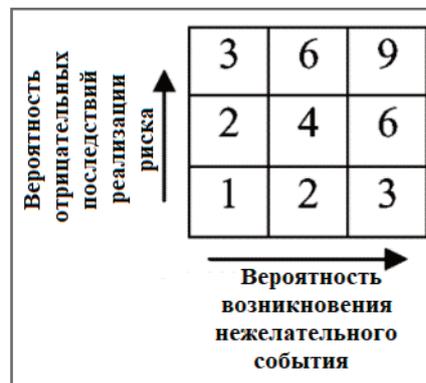


Рис. 2. Матрица анализа рисков [7]

Количественная оценка рисков

Количественная оценка риска представляет собой процедуру, результатом которой является выражение риска в финансовых или других физических единицах. Она основана на определении или оценке вероятности отрицательных последствий реализации риска (рис. 2) и осуществляется либо непосредственно путем расчетов, либо путем экспертных оценок.

Анализ рисков в конечном итоге приводит к оценке эффективности характеристик системы по противодействию отрицательным последствиям нежелательных событий. Этот подход показан на рисунке 3.

Управление рисками (контроль рисков) ►

Управление рисками – это их анализ, дополненный процессом принятия решений, направленным на снижение рисков до приемлемого уровня. Другими словами, это процесс принятия решений на основе результатов анализа рисков.

Процесс принятия решений начинается с определения целей и стратегии управления рисками. Стратегия определяет принципы, цели и критерии принятия решений. Основные цели заключаются в следующем: защита общественной безопасности, поддержание надежности системы, предотвращение денежных потерь, недопущение ущерба окружающей среде.

Частью стратегии управления рисками является определение их приемлемых уровней для конкретных носителей этих рисков.

Целью управления рисками является снижение суммарного риска до уровня ниже приемлемого.

Управление рисками обычно применяется к процессам принятия решений, содержащим неопределенность (в условиях, когда все обстоятельства, влияющие на результат, недостаточно хорошо



Рис. 3. Двухэтапный подход к оценке эффективности характеристик системы по противодействию отрицательным последствиям реализации риска [8]

известны или не могут быть однозначно определены количественно).

Особенности процесса принятия решений при управлении рисками в строительстве ►

Как уже упоминалось, управление рисками при подготовке и строительстве сооружений характерно для принятия решений в условиях неопределенности, когда несколько или все переменные, влияющие на решение, известны лишь частично или недостаточно хорошо. Таким образом, принятие решений осуществляется с более высокой или с более низкой степенью неопределенности.

Поэтому использование детерминированных методов для решения проблем, связанных с рисками, имеет ограничения и требует особой тщательности и осторожности. Вот почему для решения большинства задач, связанных с управлением рисками строительства сооружений различных типов, необходим вероятностный подход.

Анализ рисков и управление ими – неотъемлемые части проектирования и строительства любого сооружения. Они обуславливают безопасность и в то же время экономичность сооружения и позволяют выполнять строительство с использованием метода наблюдения, когда ход строительства приспособляется к реальному поведению системы

«грунтовое основание (и окружающая грунтовая среда) – сооружение».

Управление рисками сводит к минимуму ситуации, которые могут привести к возникновению аварийных событий, а также минимизирует возможные последствия таких событий. И таким образом повышается безопасность труда, а дополнительные работы, затраты и продление сроков строительства из-за возникших аварийных ситуаций сводятся к минимуму. Управление рисками, как уже отмечалось, требует использования метода наблюдения, прежде всего геотехнического мониторинга (рис. 4).

ИНЖЕНЕРНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ ►

Понимание характеристик территории будущего строительства и ее поверхностных условий – еще один ключевой аспект идентификации инженерно-геологических рисков. Как правило, существуют уникальные риски, связанные с конкретными геологическими формациями или структурами, такими как карстовые воронки, карстовые ландшафты, выемки в грунтах, глинистый заполнитель между пластами горных пород, поверхности скольжения вдоль зон разломов и др.

Региональные и местные гидрогеологические условия являются еще одним ключевым фактором риска, который также необходимо учитывать.

Ценные знания об инженерно-геологических и в том числе гидрогеоло-

гических условиях на конкретном участке обычно можно получить путем изучения литературы, в которой описаны результаты исследований территории, а также соответствующих геологических и сельскохозяйственных карт, карт горных работ, исторических данных, результатов топографических съемок и аэрофотоснимков. Все эти источники необходимо использовать для выявления потенциальных инженерно-геологических рисков, особенно тех, которые связаны с объектами, ранее созданными человеком, например в результате горных работ [9, 10].

Широко известно, что выявление рисков лучше всего достигается с помощью знаний и опыта. При этом для оценки инженерно-геологических рисков на конкретном участке будущего строительства может не хватить опыта инженеров-геологов и геотехников из организации-подрядчика. И тут ценную информацию может дать местный опыт индивидуальных подрядчиков, полевых инспекторов, консультантов по геотехническому проектированию и даже соседних землевладельцев [7].

Только комплексное и правильное проведение инженерных изысканий на интересующей территории может дать возможность исключить природные опасности, которые могли бы в будущем негативно повлиять на проектируемый, строящийся или эксплуатируемый объект. В основу должно быть положено создание и поэтапное совершенствование трехмерной инженерно-геологической модели.

Поэтапная оценка ►

Для эффективного проведения инженерных изысканий их надо разделить на несколько взаимосвязанных этапов. Полевым работам должно предшествовать камеральное изучение доступных архивных материалов. Потом проводятся полевые рекогносцировочные изыскания. А затем – детальные инженерные изыскания (а при необходимости и дополнительные), что особенно важно в случаях сложных проектируемых сооружений и/или сложных инженерно-геологических условий.

Роль сотрудничества между проектировщиками и изыскателями ►

Очень важно обеспечить передачу информации между инженерами-изыскателями и проектировщиками.

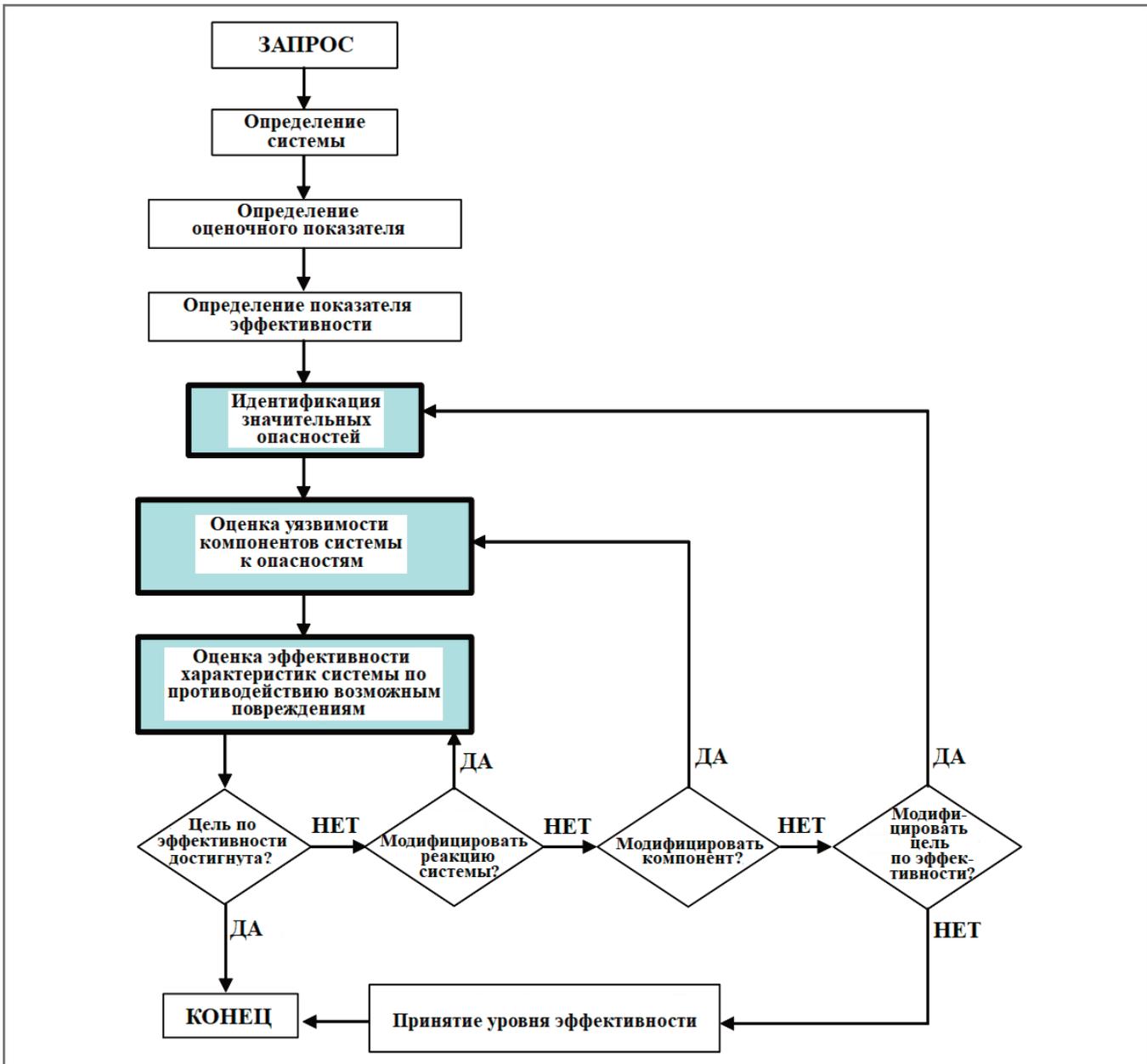


Рис. 4. Процесс принятия решений для достижения целей в области эффективности характеристик системы по противодействию отрицательным последствиям реализации риска [8]

Определение геотехнической категории

Именно определение геотехнической категории планируемого строительного объекта в начале изысканий должно стать основным результатом сотрудничества между инженерами-изыскателями и проектировщиками инженерного проекта. Геотехническую категорию надо уточнять по мере необходимости, так же как и выбор методов изысканий и инженерно-геологическую модель.

Определение характеристик инженерно-геологических условий

В ходе изысканий должны быть выявлены основные инженерно-геологические элементы и их детальные характеристики, а затем учтены и представ-

лены в виде трехмерной инженерно-геологической модели. По окончании изысканий должны быть определены производные величины и расчетные значения соответствующих параметров в соответствии с целями изысканий и проектирования при возможном сотрудничестве с проектировщиками.

ПОЛОЖИТЕЛЬНАЯ И ОТРИЦАТЕЛЬНАЯ РОЛЬ СТАНДАРТИЗИРОВАННЫХ ПОДХОДОВ ►

Инженерные изыскания могут быть стандартизированы для многих инженерных задач. В ЕС были приняты и опубликованы Еврокоды 7-1 и 7-2, в которых описываются методы изысканий. Что касается различий в законодатель-

ствах разных стран и особенно в составе, свойствах и поведении геологической среды, в каждой стране ЕС необходимо соблюдать свои национальные приложения к Еврокодам и свои национальные стандарты.

В случае инженерных изысканий на территории Чешской Республики для транспортных сооружений в дополнение к Еврокоду также необходимо соблюдать свои стандарты – CSN 736133 и недавно утвержденный CSN P 731005. Однако стандартизированные методики не всегда могут описать все ситуации на конкретной территории исследований. Об этом могут свидетельствовать инженерные изыскания и технологические процедуры, выполненные при строительстве таких участков автомобильных

дорог в Чехии, как волнообразная часть автомагистрали D1 близ Остравы или часть автомагистрали D8 в Северной Богемии, погребенная под оползнем.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ►

Результаты инженерных изысканий для строительства должны быть переданы проектировщику в «понятном» виде, где инструктивное словесное описание всех значимых параметров и поведения геологической среды будет дополнено наглядно оформленными табличными результатами анализа и измерений с представлением трехмерной численной модели подповерхностных условий на интересующей территории (например, в программе AutoCad Solid) и/или соответствующим образом выбранных двумерных разрезов, желательно в виде таких файлов, которые в дальнейшем могли бы быть использованы для создания геотехнической модели, имитирующей

поведение грунтовых массивов при определенных предельных условиях.

В некоторых случаях по-прежнему остаются проблемы с инженерными изысканиями, организованными инвесторами, которые настаивают на как можно более дешевых и быстрых исследованиях. А это препятствует соблюдению фундаментальных правил качественного и количественного анализа рисков для конкретных инженерно-геологических условий территории будущего строительства конкретного объекта.

Зарубежный опыт показывает, что более выгодным является метод проектно-изыскательских и строительных работ с привлечением опытных подрядчиков, способных лучше других организовать работу и распределить финансы.

В последние годы становится все более популярным использование процесса закупок услуг полного цикла (по про-

ектно-изыскательским работам и строительству), особенно в транспортной отрасли. Несение ответственности одним таким подрядчиком дает заказчику и спонсору возможность определять общие затраты на проект и сокращать время закупок и реализации данного проекта. Это также снижает вероятность возникновения споров и претензий, которые обычно связаны с традиционным использованием разных подрядчиков для разных этапов развития проекта. А подрядчик, который несет ответственность за все этапы, имеет большую гибкость в управлении затратами и графиком работ [7]. **и**

Работа выполнена при поддержке проекта № TE01020168 Программы центров компетенции технологического агентства Чешской Республики «Центр эффективной и устойчивой транспортной инфраструктуры» (CESTI).

ИСТОЧНИК ДЛЯ ПЕРЕВОДА ►

(SOURCE FOR THE TRANSLATION) ►

Pospisil P., Rozsypal A. Site investigation as tool for elimination of natural hazard impact on construction project // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Vol. 236. International Conference “Building up efficient and sustainable transport infrastructure 2017” (BESTInfra2017). Prague, Czech Republic, 2017. Article 012081. DOI:10.1088/1757-899X/236/1/012081. URL: iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/236/1/012081.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ, ИСПОЛЬЗОВАННОЙ АВТОРАМИ ПЕРЕВЕДЕННОЙ СТАТЬИ ►

(REFERENCES USED BY THE AUTHORS OF THE TRANSLATED PAPER) ►

1. Infrastructure risk management processes natural, accidental, and deliberate hazards (ed. by C. Taylor, E. VanMarcke). ASCE Council on Disaster Risk Management, 2006. P. 296.
2. Hyndman D.W. Natural Hazards And Disasters. Brooks/Cole, Cengage Learning. 2011.
3. NATHAN World Map of Natural Hazards. Munchener Ruckversicherungs-Gesellschaft, 2011
4. Quantitative Risk Assessment (QRA) for Natural Hazards (ed. by N. Uddin, H.S.A. Ang). ASCE Council on Disaster Risk Management, 2011. P. 87.
5. Rock Physics and Natural Hazards (ed. by S. Vinciguerra, Y. Bernabae). Birkhauser Basel, 2009. P. 427.
6. The Spatial Effects and Management of Natural and Technological Hazards in Europe – Executive Summary (on line) (ed. by P. Schmidt-Thome) // ESPON Project 1.3.1. 2006. P. 309.
7. Juang C.H., Phoon K.K., Puppala A.J., Green R.A., Fenton G.A. Geotechnical risk assessment and management // Proceedings of Georisk. ASCE Press, 2011.
8. Guideline for Assessing the Performance of Electric Power Systems in Natural Hazard and Human Threat Events. American Lifelines Alliance, 2005. P. 56.

Независимый электронный журнал
ГеоИнфо

С 2022 года журнал «ГеоИнфо»
выходит в формате *PDF.
10 выпусков в год.

WWW.GEOINFO.RU