

О КОЛИЧЕСТВЕННОМ АНАЛИЗЕ РИСКОВ ПОДЗЕМНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Управління ризиками має два кількісних засоби їх вираження: дотермініський та імовірний. Перший припускає повну визначеність оцінки розглядаємих рішень методами сценарного аналізу та аналізу чутливості. Імовірний засіб припускає, що всі параметри та зів'язані з ними ризики когуть варіювати одночасно. Найбільш використовуємим для цього математичним методом служить модель Монте-Карло.

ABOUT QUANTITY ANALYSIS OF UNDERGROUND CONSTRUCTION RISKS

Risk management has two quantity method for its evaluation: deterministic and probabilistic. The first them supposes full certainty of expecting events. The most important decisions for this method are scenario analysis and sensitivity analysis. The probability method supposes that all risky and uncertain parameters can be expected to vary simultaneously and applies Monte-Carlo simulation.

1. Основные сведения

Обычно люди, принимающие решения по выбору целесообразного, как им представляется, варианта проекта из нескольких возможных предпочитают сосредоточиться на одном, отдельно взятом критерии, например, таком, как прибыль. Однако, при отсутствии оценки опасности рисков такой подход не учитывает их влияния на уровень принятого критерия выбора варианта. Менеджер может управлять неопределенностью, или не сумеет делать этого, но он всегда должен быть способен количественно оценить риск, вызванный принятыми решениями.

Управление рисками – один из аспектов науки управления строительством и производством, имеющий два количественных способа его выражения: детерминистский и вероятностный или стохастический. Детерминистский предполагает полную определенность условий оценки рассматриваемых решений, что в строительной индустрии случается редко, а в подземном строительстве – никогда. Существует несколько детерминистских способов количественной оценки рисков. Наиболее распространенные из них - сценарный анализ и анализ чувствительности [1, 2].

Вероятностный способ имеет дело с факторами, которые не могут быть оценены с полной определенностью.

2. Детерминистские способы Сценарный анализ

Далее приведен пример сценарного анализа строительства офисного здания, для которого при определении конструктивной схемы устанавливаются оптимальные соотношения между полезной площадью, определяемой заказчиком проекта, и площадью вспомогательных помещений, таких, как туалеты, кори-

доры, лифтовые шахты, места прокладки труб, которая часто регламентируется нормативными актами администрации.

Здесь имеется ввиду, что на ранних стадиях проектирования требования местной администрации могут быть неизвестны в деталях и будут уточняться только в ходе дальнейшего проектирования. При этом возникает риск, что принятые проектные решения не соответствуют новым техническим условиям. Возможен также риск колебаний в прогнозе строительных цен 1 м^2 полезной площади. Сценарным анализом могут быть учтены внешние экономические риски, например, для рассматриваемого примера – повышение уровня инфляции.

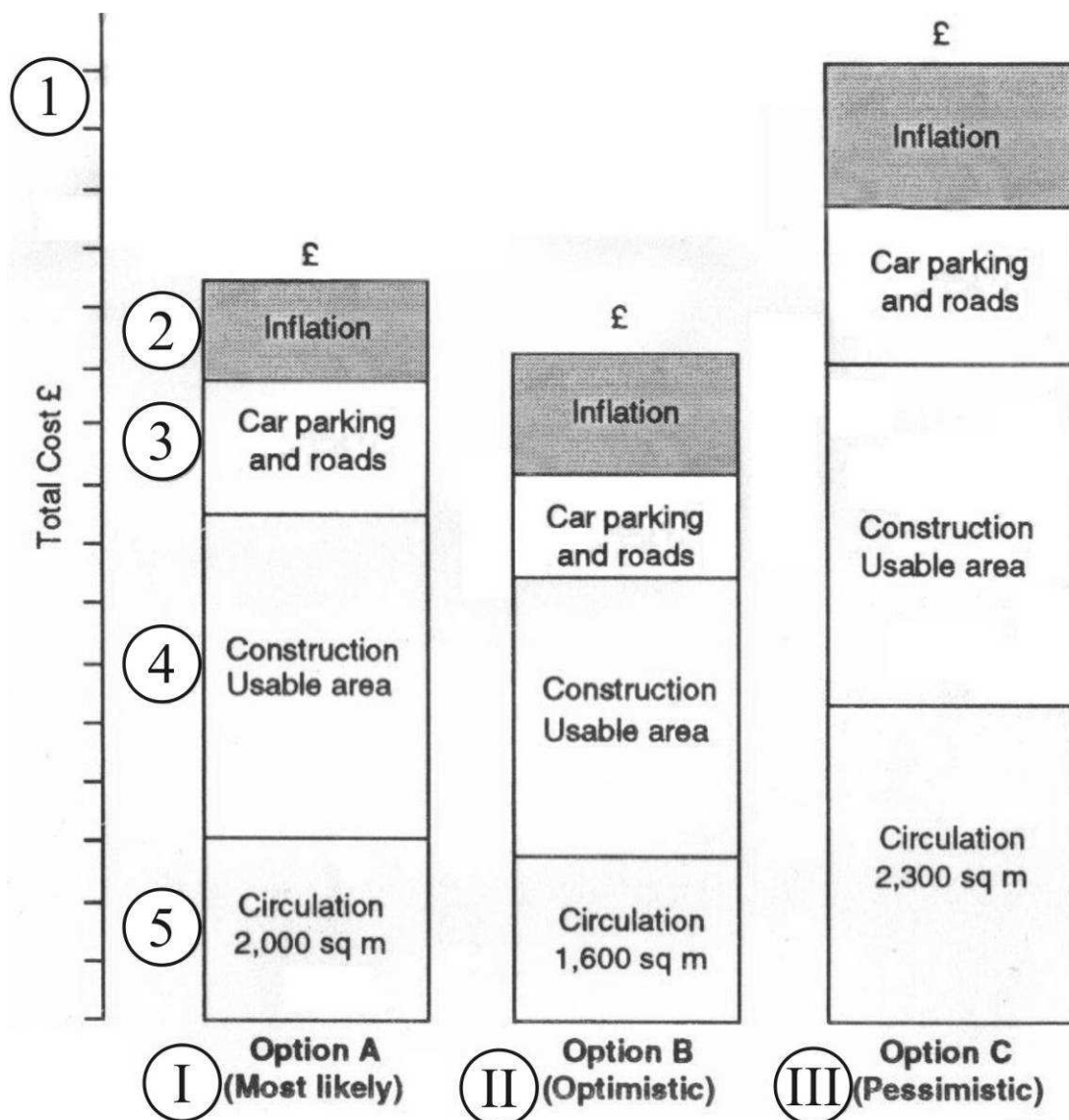
С точки зрения оценки возможного риска изменения нормативной базы рассматриваются также вопросы строительства места парковки автомобилей и реконструкции существующих дорог, примыкающих к строительной площадке.

Сценарии базируются на наиболее вероятном, оптимистическом и пессимистическом вариантах развития событий. В табл. 1 приведены результаты расчета стоимости по этим сценариям. При этом принималось, что поскольку конкретизация решений будет производиться при дальнейшей разработке проекта, ожидаемая стоимость строительства 1 м^2 полезной площади будет находиться в интервале 950-1100 фунтов стерлингов (рис. 1).

Результаты анализа показывают возможные последствия рассматриваемых сценариев. Количественная оценка вероятности каждого из них отсутствует и заказчик проекта получает лишь общее представление об изменениях параметров проекта в результате риска изменения нормативной базы строительства.

Таблица 1 – Сценарный анализ параметров проекта строительства офисного здания

Параметры проекта	Вариант А наиболее вероятный	Вариант В оптимистический	Вариант С пессимистический
1	2	3	4
Площадь подсобных помещений, требуемая нормативной базой	2000 м^2	1600 м^2	2300 м^2
Полезная площадь здания, требуемая заказчиком	5000 м^2	5000 м^2	5000 м^2
Полная площадь здания	7000 м^2	6600 м^2	7300 м^2
Прогноз строительных цен 1 м^2 полезной площади	1000 ф	950 ф	1100 ф
Процент инфляции за 12 месяцев проектирования и 12 месяцев строительства	5% годовых	4% годовых	8% годовых
Стоимость строительства автостоянки и реконструкции подъездных дорог	500000 ф	400000 ф	800000 ф



I – вариант А, наиболее вероятный; II – вариант В, оптимистический;
 III – вариант С, пессимистический.

1 – общая стоимость; 2 – инфляция; 3 – стоимость автостоянки и дорог;
 4 – стоимость полезной площади; 5 – стоимость площади вспомогательных помещений.

Рис. 1 – Сценарный анализ оценки рисков при строительстве офисного здания

Анализ чувствительности

Анализ чувствительности – способ детерминистского моделирования, который используется, чтобы определить воздействия изменений независимой переменной (аргумента) на изменение зависимой переменной (функции). Этот способ не имеет целью количественно оценить риск, но позволяет определить факторы, к которым риск чувствителен. Анализ чувствительности позволяет ответить на круг вопросов: «а что, если...». Например, что случится со стоимостью строительства, если прогноз будущей инфляции будет неверен на 1%, 2%

или 3%, что случится со стоимостью строительства, если общая продолжительность работ сократится на 3, 4 или 5 месяцев.

Анализ чувствительности позволяет выяснить, какой компонент проекта наибольшим образом воздействует на его результаты. Этот способ широко используется из-за его простоты и возможности сосредоточиться на частных оценках, хотя он и не определяет реальной вероятности события.

Примером анализа чувствительности может служить рассмотрение величины так называемых затрат жизненного цикла, т.е. суммы капитальных и эксплуатационных расходов на сооружение и дальнейшее обслуживание объекта. Эти затраты характеризуют будущее проекта, хотя это будущее известно недостоверно. Оцениваемые при этом эксплуатационные повторяющиеся расходы, такие, как текущий ремонт, разного рода замены оборудования и инвентаря, уборка помещений имеют ориентировочный характер, независимо от надежности данных, на которых она основана. Подобно этому не могут быть оценены с определенностью такие существенные компоненты затрат жизненного цикла объекта, как скорость изменения макроэкономических параметров, например, уровня учетной банковской ставки.

Наглядное графическое представление об анализе чувствительности может дать «паутинная» диаграмма (рис. 2), которая строится следующим образом:

1 – рассчитываются затраты жизненного цикла по исходным данным, принятым при проектировании;

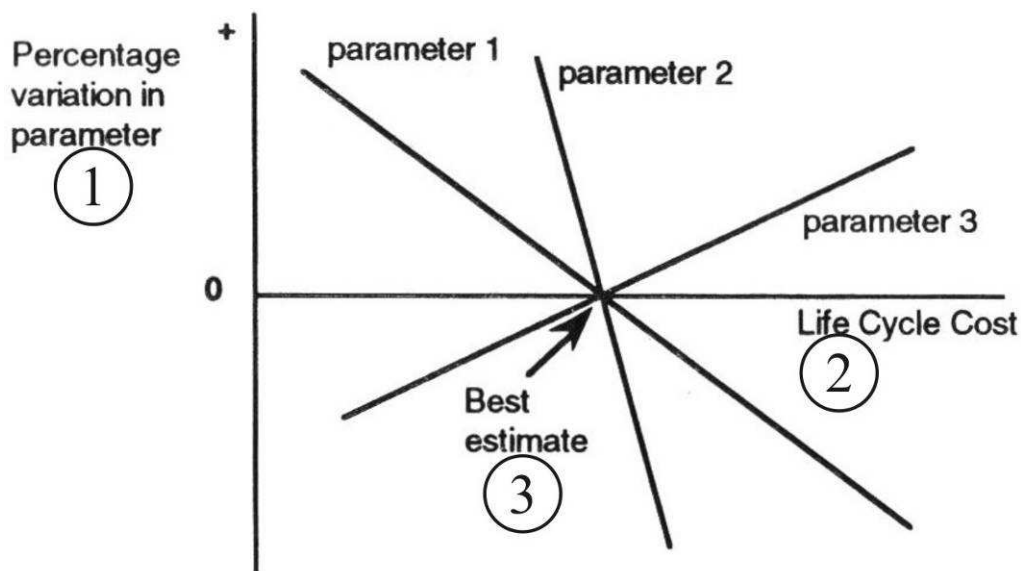
2 – идентифицируются параметры, подверженные риску и неопределенности;

3 – выбирается один рискованный параметр и пересчитываются затраты жизненного цикла, предполагая, что колебания расходов, связанные с этим параметром, находятся в каком-то определенном интервале $X\%$. Расчеты выполняются пошагово в пределах этого интервала, т.е. затраты жизненного цикла пересчитываются, предполагая, что выбранный параметр, например, банковская учетная ставка изменяется на $+1\%$, $+2\% \dots +5\%$ и -1% , $-2\% \dots -5\%$;

4 – результаты расчетов наносятся в виде линии на «паутинную» диаграмму, интерполируя их между каждым рассчитанным значением;

5 – шаги 3 и 4 повторяются для оставшихся параметров, которые ранее были идентифицированы, как рискованные.

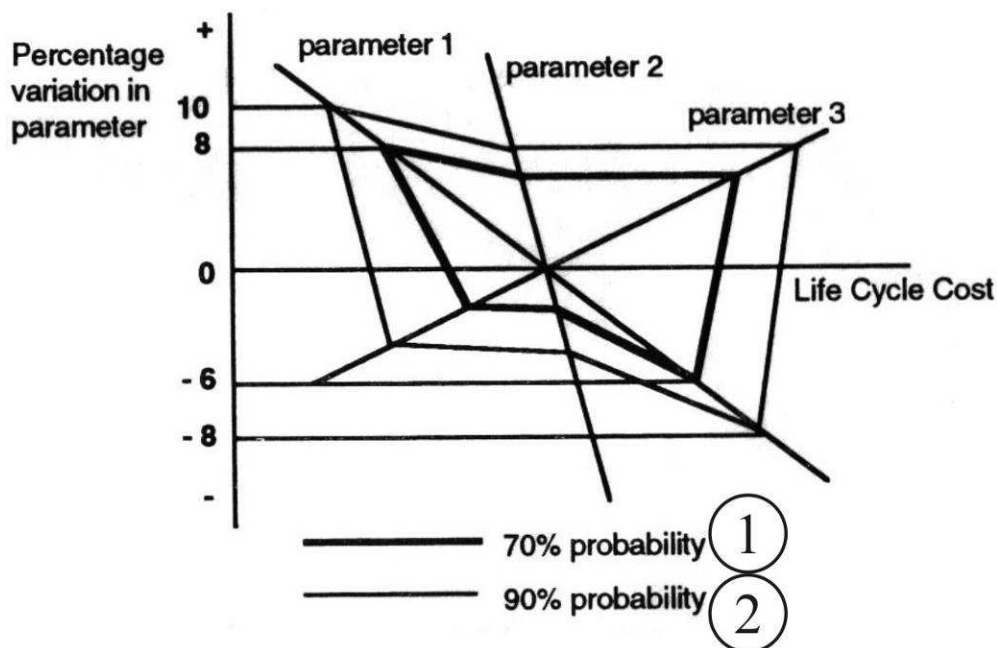
Каждая линия «паутинной» диаграммы показывает воздействие на затраты жизненного цикла варьируемого рискованного параметра. Чем ближе к горизонтали расположена линия, тем более чувствительны затраты жизненного цикла к варируемости этого параметра. Так, на рис. 2 изменения параметра 3 гораздо сильнее воздействует на затраты жизненного цикла, чем изменения параметра 2.



1 – вариации параметров, %; 2 – затраты жизненного цикла; 3 – лучшая оценка.

Рис. 2 – «Паутинная» диаграмма

Рис. 2 не показывает наиболее вероятный интервал изменений каждого рискованного параметра. Эта задача решается вводом в «паутинную» диаграмму контуров уровней вероятности, которые строятся субъективно (по мнению экспертов) для варьируемых значений рассматриваемых параметров. Так, например, может быть оценено, что имеется 70% вероятности того, что банковская учетная ставка будет находиться в интервале между +8% и -6% от принятой при проектировании объекта, а 90% вероятности, что этот интервал находится между +10% и -8%. На рис. 3 показаны контуры вероятности 70% и 90%.



1 – вероятность 70%; 2 – вероятность 90%.

Рис. 3 – Контуры вероятности на «паутинной» диаграмме

Контур вероятности является результатом субъективных оценок возможности варьирования рассматриваемых параметров. Поэтому их надежность часто вызывает сомнения. Тем не менее, такой подход может быть инструментом выработки решений в условиях неопределенности экономических прогнозов.

Анализ чувствительности может быть использован, как в целом для проекта, так и для решения конкретных вопросов. Например, в случае строительства уже упомянутого офисного здания такой анализ будет полезен для выбора отделки пола основных помещений (рис. 4).

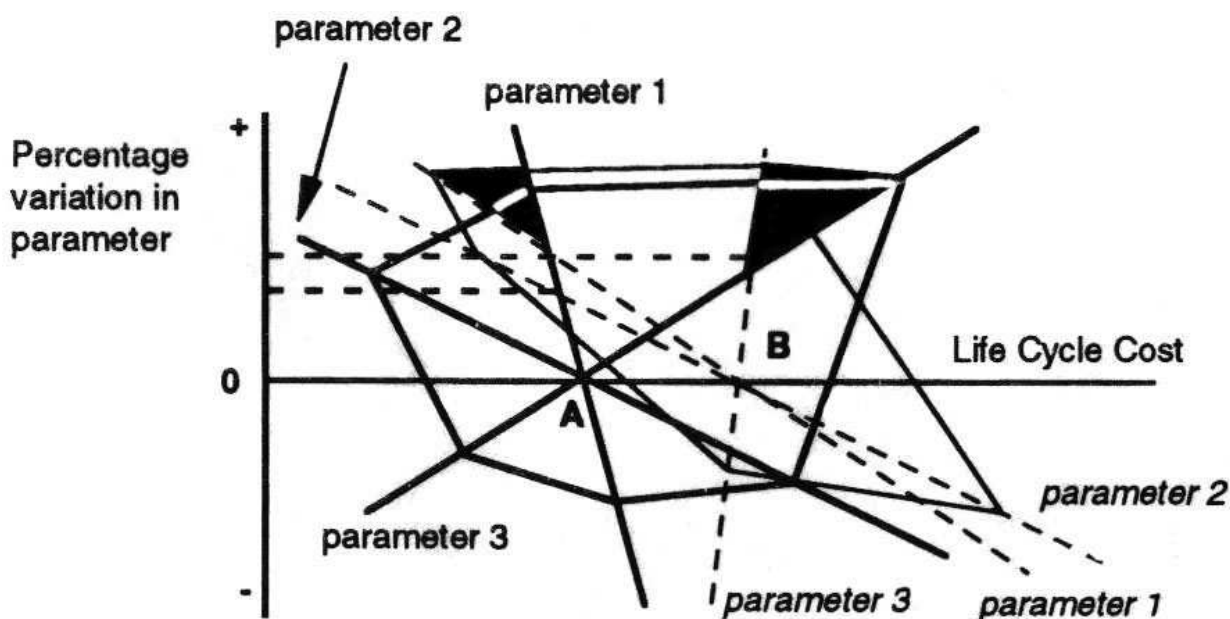


Рис. 4 – Сравнение вариантов при анализе чувствительности

Проектные оценки показали, что более предпочтительным выбором отделки пола является вариант А, который требует меньших затрат жизненного цикла, чем вариант В. Однако, заштрихованные зоны пересечений линий параметров 1 и 3 вариантов А и В в контуре вероятности 70% показывают, что вариант А в этом контуре намного более чувствителен по рассматриваемым параметрам. При изменении параметров на один и тот же процент, изменения затрат жизненного цикла варианта А существенно выше, чем варианта В. Если главная цель человека, принимающего решение, - избежать сюрпризов, тогда следует прочесть вариант В потому, что он предлагает намного большую определенность затрат.

Как видно из сказанного, анализ чувствительности не является определяющим способом выбора одного из сравниваемых вариантов. Однако, он может служить вспомогательным средством принятия решений.

Детерминистские подходы к оценке влияния рисков на стоимость проекта применяются также в подземном строительстве, где неопределенность геологических и гидрологических условий играет решающую роль. Из-за рисков, связанных с ними, фактический перерасход сметного лимита достигает 50-100%,

несмотря на детальную проработку проектных решений.

Учет рисков, грозящих строительству, позволяет более реально оценить его стоимость на стадии проектирования и учесть в общей смете затрат непредвиденные расходы на предотвращение или снижение прогнозируемой опасности. Предварительная оценка таких расходов, полученная в Австрии на основе многолетнего опыта проектирования и строительства подземной железнодорожной инфраструктуры приведена в табл. 2 (в процентах к базовой стоимости проекта).

Таблица 2 – Непредвиденные расходы для учета общего и геотехнического рисков подземного строительства при проектировании (% к базовой стоимости)

Стадия проектирования	Сложность проекта		
	простой	средний	сложный
Предпроектная проработка	11,5/10,0	18,0/15,0	24,5/20,0
Технический проект	8,0/7,5	13,5/11,25	19,0/15
Рабочая документация	4,5/5,0	9,0/7,5	13,5/10,0

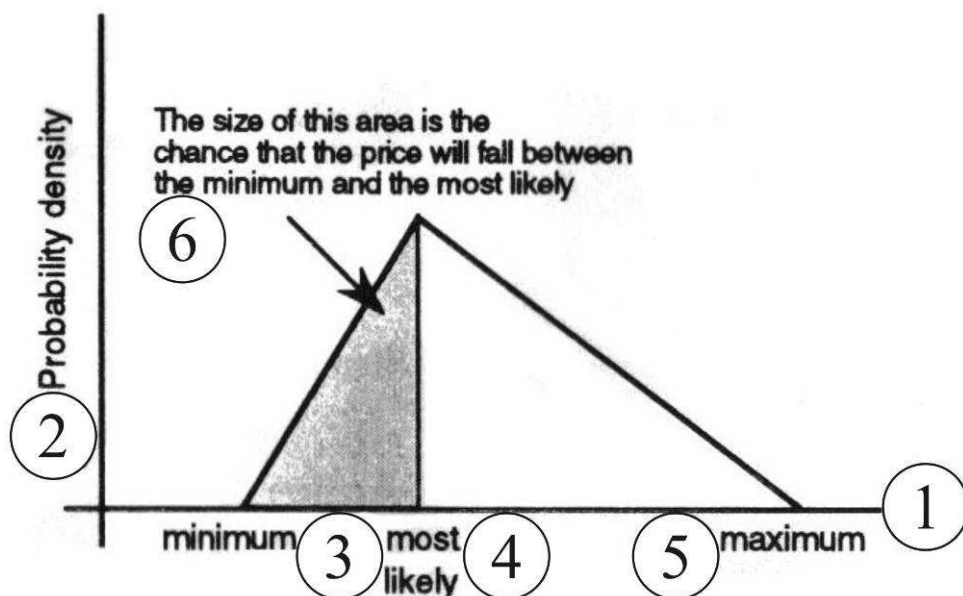
Названия стадий проектирования в табл. 2 соответствуют принятым в Украине.

В числителе показаны расходы для учета общего риска, в знаменателе – геотехнического риска [3, 4, 5].

3. Вероятностный способ

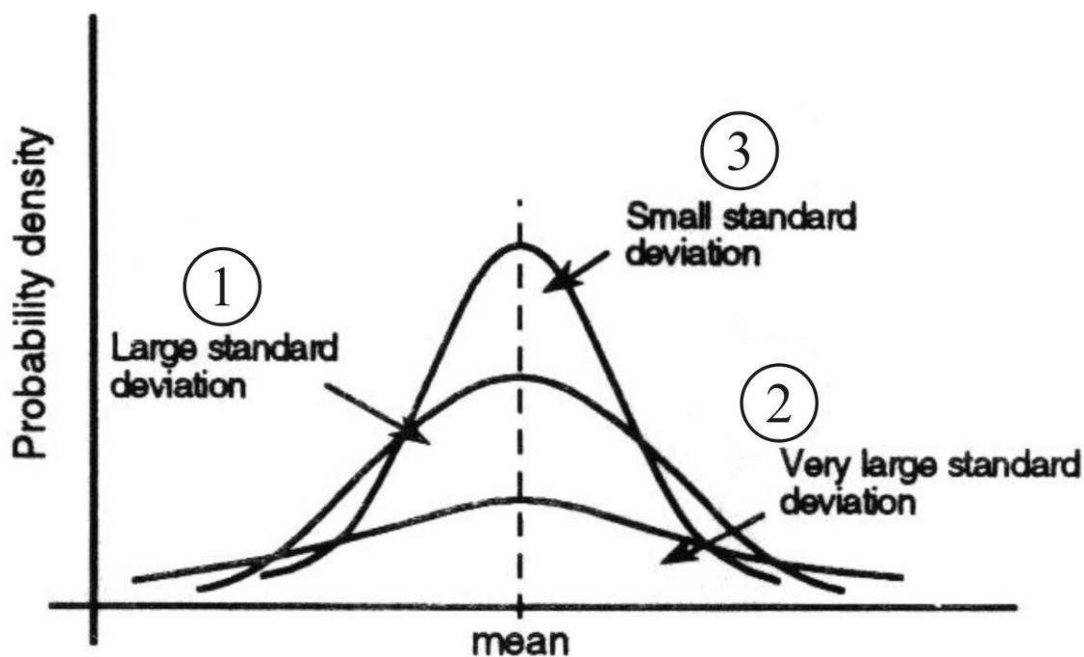
Дальнейшим развитием технологии учета неопределенности при выборе варианта строительства является вероятностный анализ, предполагающий, что все параметры и связанные с ними риски могут варьироваться одновременно. Наиболее легко используемым для этого математическим методом служит так называемая модель Монте-Карло, которая предполагает, что параметры, подверженные риску и неопределенности, могут быть описаны вероятностными распределениями.

Вероятностный анализ рисков начинается с моделирования продолжительности строительства или его стоимости – в зависимости от назначения модели. Степень неопределенности каждого этапа работы и каждого элемента стоимости представляется распределением вероятностей в наиболее вероятном, оптимистически и пессимистическом вариантах, что обычно называется точечной оценкой. Эти три точки определяются в ходе мозгового штурма специалистов. Для каждого этапа работы или элемента стоимости выбирается вид распределения вероятностей, которое наилучшим образом представляет риски, обсуждаемые экспертами. Продолжительность этапа работ или элемент стоимости рассматриваются, как случайные величины. В качестве типичных функций распределения обычно используются треугольное (или распределение Симпсона) (рис. 5), и нормальное (рис. 6).



1 – стоимость; 2 – вероятность; 3 – минимальная стоимость; 4 – наиболее вероятная стоимость; 5 – максимальная стоимость; 6 – размер этой площади – шанс, что стоимость будет располагаться между минимальным и наиболее вероятным значениями.

Рис. 5. – Диаграмма треугольного распределения



1 – большое стандартное отклонение; 2 – очень большое стандартное отклонение; 3 – малое стандартное отклонение.

Рис. 6. – Диаграмма нормального распределения

Таким образом, получают вероятностное описание продолжительности и стоимости каждого отдельного элемента строительства. Для определения срока

или полной стоимости проекта необходимо просуммировать полученные результаты с учетом всех взаимозависимостей. Вероятностная модель общих продолжительности и стоимости проекта виртуально реализуется определенное количество раз [6, 7].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. R. Flanagan. Risk Management and Construction, Blackwell Scientific, Oxford, Boston, 1993. 208 стр.
2. A. Code of Practice for Risk management of Tunnel Works.
http://www.munichre.com/publications/tunnel_code_of_practice._en.pdf. 28 стр.
3. Tunneling Code of Practice 2007. http://www.beir.ged.gov.au/PDF/whs/tunnelling_code.2007.pdf., 97стр.
4. The Joint Code of Practice for Risk Management of Tunnel Works in the UK.
<http://www.britishtunneling.org.uk/downloads/jcop.pdf>. 20 стр.
5. MSF Risk Management Discipline. V.1.
[http://www.brigtwork.com/file/PDF/MSF %20Risk%20 Management...](http://www.brigtwork.com/file/PDF/MSF%20Risk%20Management...) 54 стр.
6. Guidelines of Tunneling Risk Management
<http://www.dftu.dk/Falles/ITA/Final%20Guidelines%20...>, 40 стр.
7. J.Reilly. Cost Estimating and Risk – Management for Underground Projects.
[http://www.wsdot.wa.gov/NR/rdonlyres/6813F4CF-EDIF – 487A...](http://www.wsdot.wa.gov/NR/rdonlyres/6813F4CF-EDIF-487A...)

КАУФМАН ЛЕОНИД ЛАЗАРЕВИЧ – горный инженер, к.т.н., иностранный член Академии строительства Украины, Лауреат премии Академии строительства Украины.
2935, West 5 str., apt. 2A, Brooklyn, NY 11224, USA.
E-mail: kaufman.ll@mail.ru

ЛЫСИКОВ БОРИС АРТЕМОВИЧ – к.т.н., проф. кафедры «Строительство шахт и подземных сооружений» Донецкого национального технического университета, академик Академии строительства Украины, Лауреат премии Академии строительства Украины.
83050, г.Донецк, ул. Артема, д.86, кв.10. Тел.: (062)337-02-36; моб.: 8-095-402-74-60.
E-mail: const@mine.donetsk.ua

СИРАЧЕВ ИГОРЬ ЖАМЕЛЬЖАНОВИЧ – горный инженер-строитель, зам. начальника производственного отдела ОАО «Трест Донецкшахтопроходка».
83102, г.Донецк, ул. Стадионная, д.12, кв.50. Тел.: (0622)66-35-51.
E-mail: sira@ukr.net