

*д.т.н. Бабиюк Г.В.,  
к.т.н. Смекалин Е.С.  
(ДонГТУ, г. Алчевск, Украина)*

## **О НЕОБХОДИМОСТИ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ ГОРНОПРОХОДЧЕСКИХ РАБОТ**

*Запропоновано підхід до планування гірничопрохідницьких робіт, який дозволяє на підставі оцінки ступені ризику невиконання виробничого завдання обґрунтувати вибір рішень в умовах невизначеності.*

***Ключові слова:** гірничопрохідницькі роботи, виробниче завдання, управління ризиком, оціночні функції, відношення до ризику.*

*Предложен подход для планирования горнопроходческих работ, который позволяет на основании оценки степени риска невыполнения производственного задания обосновать выбор решений в условиях неопределенности.*

***Ключевые слова:** горнопроходческие работы, производственное задание, управление риском, оценочные функции, отношение к риску.*

**Постановка проблеми.** Одной из наиболее ответственных задач при проектировании и организации строительства горных выработок является оценка сроков и стоимости работ, реализуемая в виде плановых заданий проходческим бригадам и соответствующих сметных документов. Используемый в настоящее время директивно-нормативный метод планирования не дает возможности корректно учесть все особенности производства работ в изменчивых условиях, и, как следствие, не позволяет выбрать такое решение, которое удовлетворяло бы всем требованиям и позволяло выполнить работы с определенной степенью гарантии в заданные сроки. Поскольку в настоящее время на угольных шахтах проведение выработок осуществляется в условиях недостаточного финансирования работ, несвоевременного обеспечения работ всеми видами ресурсов, конкуренции со стороны других производственных участков, а также при отсутствии достоверной информации о свойствах массива горных пород, то фактические показатели горнопроходческих работ (ГПР) зачастую не соответствуют принятым планам и зависят от степени учета изменчивости и неопределенности действующих факторов [1].

Принимаемые в такой ситуации решения не могут быть однозначными, так как в производственных отношениях проявляется случайность в затратах и потерях рабочего времени проходческих бригад и неопределенность в получении конечного результата труда.

**Анализ публикаций**, посвященных исследованию современных методов проектирования организационно-технологических систем показывает, что большое внимание уделяется решению горнотехнических задач с использованием вероятностно-статистических моделей и подходов [2, 3]. При этом описание процессов сооружения горных выработок и их параметров с заданной степенью достоверности возможно только при использовании многокритериальной оптимизации, составляющей основу системного анализа [4].

Особенностью сложных организационных систем является наличие риска принятия эффективных управленческих решений при неполной информации об условиях ее функционирования. Риск при этом понимают как неопределенность потерь или возможность наступления неблагоприятных последствий от принятия неправильного решения. Данный подход справедлив и для ГПР при рассмотрении их как сложной иерархической системы [5]. Так, традиционная трактовка риска как сочетание вероятности того или иного события (сдачи выработки в срок) с его возможными последствиями (удорожание работ) довольно близка к анализу выполнения планового задания. Учет степени риска при неполной информации о функционировании горнопроходческой системы позволит назначать более обоснованные производственные задания и минимизировать последствия от их невыполнения.

Методы анализа и учета риска в настоящее время достаточно детально разработаны применительно к финансовым операциям, в страховании и для прогнозирования чрезвычайных ситуаций [6]. В зарубежной практике управлению рисками посвящено много исследований, которые нашли практическое применение в различных сферах, так, например, в России разработана система нормативных актов по менеджменту рисков (ГОСТ Р 51897-2002, ГОСТ Р 51901.2 (4,5,6,11,14,16) - 2005, МЭК 60300-1:2003 и др.), нашедших отражение в ряде законов по защите от чрезвычайных ситуаций и промышленной безопасности. Однако, в настоящее время риск-менеджмент крайне редко используют при описании технологических систем, исключением являются лишь вопросы анализа и повышения надежности работы различных механизмов [7].

Для учета риска традиционно применяют оценочный и информационный подходы. Информационный подход при этом является более общим, позволяющим проанализировать и описать природу риска. Для достижения конкретного результата в виде управленческих директив,

позволяющих снизить степень риска или его последствия, необходимо использовать оценочный подход [6].

На основании приведенного анализа можно сделать вывод, что вопрос совершенствования методов определения параметров ГПР с учетом риска в условиях неполной информации является актуальным.

**Целью данной работы** является разработка подхода, который позволит повысить точность и достоверность назначаемых плановых заданий за счет использования методов учета и управления риском при принятии управленческих решений в условиях неопределенности.

Для достижения поставленной цели **необходимо решить ряд задач**, среди которых следует выделить определение и анализ причин неопределенности фактического результата деятельности проходческих бригад при сооружении выработок, а также разработку подхода к определению плановых показателей при сооружении горных выработок с учетом степени риска невыполнения производственного задания и различных типов отношения к риску.

**Основной материал исследования.** В зависимости от сферы, к которой относятся риски, в классификации выделяют: *природные* (не зависящие от человека); *связанные с человечески фактором*; *технические риски и риски социума*. Все перечисленные виды риска в той или иной мере характерны горнопроходческой системе, поэтому риск при сооружении горных выработок правильнее будет относить к *производственному*, который связан с невыполнением проходческой бригадой своих планов и обязательств в результате неблагоприятного воздействия внешней среды и нерационального использования рабочего времени, технических отказов и влияния корпоративных интересов. Вместе с тем данный риск необходимо относить и к экономическому, оцениваемому убытками от выбора неправильных проектных и управленческих решений.

Причинами неясности и неуверенности в получении ожидаемого результата при сооружении горных выработок, а, следовательно, и риска невыполнения производственного задания являются:

- отсутствие полной информации о многих влияющих факторах из-за случайного распределения свойств основного предмета труда – породного массива, в котором сооружается выработка;
- отказ от использования, а зачастую и незнание, новых методов принятия и реализации многовариантных решений при переходе к интенсивным способам производства работ;
- ограниченность возможностей в сборе, хранении и переработке информации о свойствах пород, постоянно изменяющихся по мере ведения работ;

- непредсказуемость геомеханических процессов и явлений, приводящих зачастую к аварийным ситуациям, которые оказывают серьёзное отрицательное влияние на результаты производственной деятельности и являются источником непредвиденных затрат;
- вероятностная сущность организационно-технологических взаимосвязей и многовариантность информационных и материальных отношений, в которые вступают субъекты горностроительной системы на всех уровнях производственной иерархии;
- соподчиненная роль ГПР по отношению у более общей цели (добыче полезного ископаемого), что выражается в наличии противоборствующих тенденций и даже конкуренции со стороны других производственных участков;
- недостаточность материальных, финансовых и трудовых ресурсов, а также несвоевременность обеспечения ними;
- несбалансированность хозяйственного механизма (планирования, ценообразования, материально-технического снабжения,) на уровне вышестоящей производственно-хозяйственной системы, что ведет к проявлениям целевой неопределенности;
- неустойчивость социально-экономических отношений в стране и относительная ограниченность сознательной деятельности рабочих, что проявляется в отсутствии заинтересованности в результатах своего труда.

В условиях объективного существования риска невыполнения плана и связанных с ним случайных потерь рабочего времени возникает необходимость в формализации алгоритма, который позволил бы наилучшим из возможных способов (с точки зрения поставленных перед производителем работ задач) учитывать вероятностные факторы при реализации хозяйственных решений и оплате труда за выполненные работы, т.е. в определенном управлении риском. При этом под управлением понимается использование в производственной деятельности совокупности методов, приемов и мероприятий, позволяющих установить реальную структуру сложной горнопроходческой системы, характеризующуюся большим числом параметров, которые отображают пространственное и временное поведение ее элементов в конкретных условиях, прогнозировать наступление рискованных ситуаций и принимать меры по исключению или снижению отрицательных последствий наступления таких событий.

С учетом этого, основой нового подхода к планированию горнопроходческих работ на основании управления рисками является необходимость аргументированной оценки степени риска при производстве работ, которая базируется на знании вероятности получения предполагаемого результата. Данная величина может быть статистически оценена с помощью показателя, представляющего собой меру степени соот-

ветствия реального результата деятельности проходческой бригады требуемому. Основными показателями плановых заданий проходческих бригад является производительность труда (относительная величина) и скорость проходки (абсолютная величина). Для оценки эффективности ГПР и соответственно выполнения плановых заданий на множестве результатов (месячных показателей работы проходческих бригад) введем числовую функцию соответствия фактической скорости проведения выработки ( $V_{\text{пр}}$ ) требуемой ( $V_{\text{пр}}^{\text{ТР}}$ ):

$$\rho = \rho(V_{\text{пр}}(\mu), V_{\text{пр}}^{\text{ТР}}). \quad (1)$$

В силу того, что  $V_{\text{пр}}(\mu)$  является случайной переменной, функция  $\rho$ , в общем случае, также есть случайная величина. Планируемую скорость  $V_{\text{пр}}^{\text{ТР}}$  будем считать детерминированной величиной, хотя она также подвержена рассеиванию из-за изменчивости условий и явочного штата проходческой бригады. Тогда показатель эффективности можно записать в виде:

$$W(\mu) = m[\rho(V_{\text{пр}}(\mu), V_{\text{пр}}^{\text{ТР}})], \quad (2)$$

где  $m[\dots]$  – оператор математического ожидания.

Для того чтобы функция (2) учитывала психологические особенности поведения лица, принимающего решения (ЛПР) в условиях неопределенности, в нее следует ввести оценочную функцию  $f^{\theta}$ , отражающую отношение ЛПР к риску:

$$W(\mu) = m[f^{\theta} \cdot (\rho(V_{\text{пр}}(\mu), V_{\text{пр}}^{\text{ТР}}))], \quad (3)$$

где  $f^{\theta}$  – функция, учитывающая информацию  $\theta$  об отношении ЛПР к различным ситуациям в условиях стохастической неопределенности [8].

Показатель эффективности (3) в зависимости от вида оценочной функции  $f^{\theta}$  и функции соответствия  $\rho$  может принимать различные формы. Пусть случайное событие А достижения планового задания выражается соотношением между фактической  $V_{\text{пр}}(\mu)$  и требуемой  $V_{\text{пр}}^{\text{ТР}}$  скоростью проведения выработки, тогда функция соответствия будет иметь следующий вид:

$$\rho(V_{\text{пр}}(\mu), V_{\text{пр}}^{\text{тр}}) = \begin{cases} 1, & \text{если } V_{\text{пр}}(\mu) \geq V_{\text{пр}}^{\text{тр}}; \\ 0, & \text{если } V_{\text{пр}}(\mu) < V_{\text{пр}}^{\text{тр}}. \end{cases} \quad (4)$$

Функцию соответствия (4) следует использовать в случаях, когда достижение требуемого результата  $V_{\text{пр}}^{\text{тр}}$  является неперенным условием выполнения поставленной задачи. При этом показатель эффективности

$$W(\mu) = P\{V_{\text{пр}}(\mu) \geq V_{\text{пр}}^{\text{тр}}\} \quad (5)$$

трактуется как вероятностная гарантия достижения цели. При известной функции распределения скорости проведения выработки  $F(V_{\text{пр}})$  в конкретных условиях показатель (5) может быть определен на основании интегральной функция распределения скорости проведения выработки (рис.1 а):

$$W(\mu) = 1 - F(V_{\text{пр}}^{\text{тр}}). \quad (6)$$

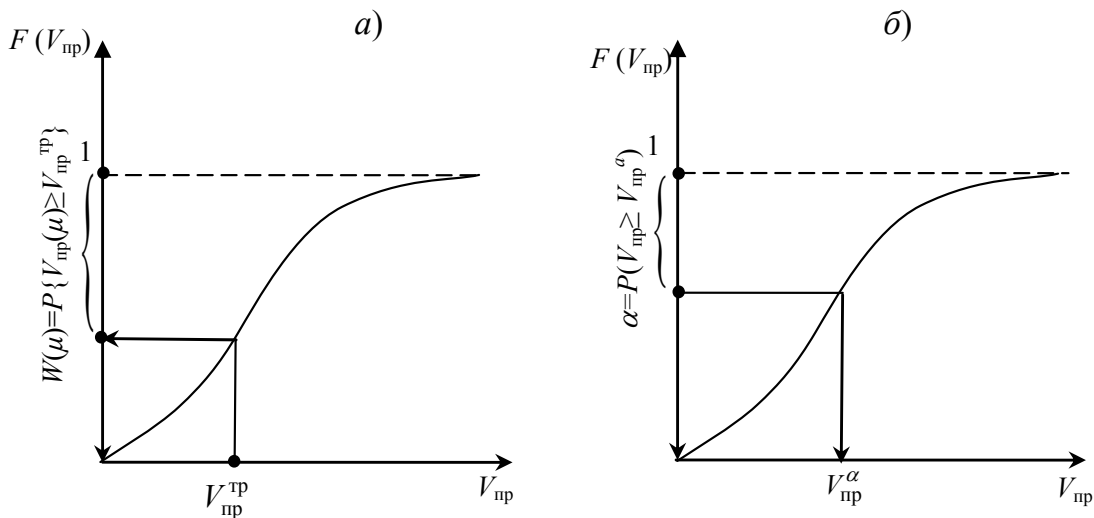


Рисунок 1 – Схема определения вероятностной гарантии выполнения планируемого задания (а) и получения вероятностно-гарантированного результата (б)

Так как в нашем случае цель носит количественный характер, то в качестве показателя эффективности, наряду с (5), может быть принят минимальный результат, планируемый с заданной вероятностью:

$$\alpha = P\{V_{\text{пр}}(\mu) \geq V_{\text{пр}}^{\alpha}\}. \quad (7)$$

Согласно рис. 1, б вероятность того, что скорость проведения выработки будет больше или равна требуемой, составит  $\alpha = 1 - F(V_{\text{пр}}^{\alpha})$ . Тогда обратную функцию к функции распределения  $F(V_{\text{пр}})$  случайной величины скорости проведения выработки, являющейся функцией соответствия при значении аргумента  $(1 - \alpha)$ , можно записать в виде:

$$V_{\text{пр}}^{\alpha} = F^{-1}(1 - \alpha) = \rho. \quad (8)$$

Так как функция соответствия (8) есть величина неслучайная, то показатель эффективности принимает вид:

$$W(\mu) = m[\rho] = V_{\text{пр}}^{\alpha}. \quad (9)$$

Следовательно, показатель (9) является вероятностно-гарантированным результатом, который косвенно отражает требуемый уровень вероятности  $\alpha$  (степень гарантии достижения результата).

Рассмотренные выше принципы принятия решений в условиях неопределенности, соответствующие "объективным" показателям (5, 9), образуют достаточно широкое подмножество альтернативных вариантов, выбор из которых при назначении плановых заданий осуществляется "субъективно" проектировщиком или непосредственным руководителем, т.е. ЛПР.

В подобных ситуациях разные ЛПР по-разному относятся к вероятному распределению на множестве исходов, так как они имеют различную психологическую доминанту в ситуациях с риском. Так, если различные стратегии оказались при сравнении эквивалентными  $W(\mu_1) = W(\mu_2)$ , то для "объективного" ЛПР выбор будет неочевиден. Однако, если ЛПР обладает доминантой, то сравнение стратегий целесообразно проводить по "субъективному" показателю с учетом дополнительной системы приоритетов, формирующей оценочную функцию  $f^{\theta}$ , различную для ЛПР с различными типами отношения к риску. Это может привести к тому, что одна из стратегий станет предпочтительнее.

Тип отношения ЛПР к риску будет определять выбор планового задания на основе данных статистической обработки фактических скоростей проведения выработок. Если ЛПР безразличен к риску, то план проходческой бригады должен соответствовать ее потенциальным возможностям, т.е.  $V_{\text{пр}}^{\text{ТР}} = m[V_{\text{пр}}]$ , а оценочная функция  $f^{\theta}$  при этом будет линейна (рис. 2, функция 1):

$$f^\theta(V_{\text{пр}}^{\text{пл}}) = m[f^\theta(V_{\text{пр}})] = f^\theta \cdot (m[V_{\text{пр}}]). \quad (10)$$

Если ЛПР обладает несклонностью к риску, то он всегда предпочитает наверняка получить средний результат, нежели рисковать, т.е.  $V_{\text{пр}}^{\text{пл}} < m[V_{\text{пр}}]$ , тогда функция  $f^\theta$  – выпукла (рис.2, функция 2):

$$f^\theta(V_{\text{пр}}^{\text{пл}}) = m[f^\theta(V_{\text{пр}})] < f^{\theta'} \cdot (m[V_{\text{пр}}]). \quad (11)$$

Действительно, для случайного события А с двумя исходами  $(V_{\text{пр}}^{\text{пл}})'$  и  $V_{\text{пр}}^{\text{пл}}$  и соответствующими вероятностями  $p_1=p$  и  $p_2=1-p$  имеем:

$$p \cdot f^\theta(V_{\text{пр}}^{\text{пл}})' + (1-p) \cdot f^\theta(V_{\text{пр}}^{\text{пл}}) < f^\theta(p \cdot (V_{\text{пр}}^{\text{пл}})' + (1-p)V_{\text{пр}}^{\text{пл}}), \quad (12)$$

что отвечает определению выпуклой функции.

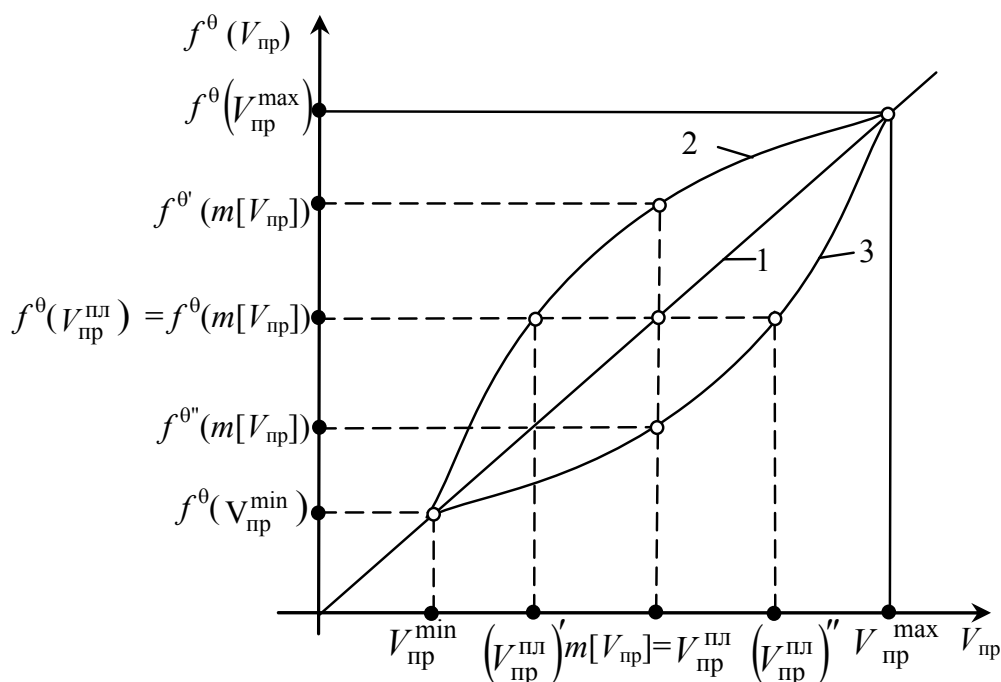


Рисунок 2 – Оценочные функции, учитывающие отношения ЛПР к риску:  
 1 – безразличный к риску; 2 – несклонный к риску;  
 3 – склонный к риску.



Если ЛПР склонен к риску, то он предпочтет риск не выполнить план по сравнению с получением среднего результата, т.е.  $V_{\text{пр}}^{\text{пл}} > m[V_{\text{пр}}]$ , тогда функция  $f^\theta$  – вогнута (рис.2 функция 3):

$$f^\theta(V_{\text{пр}}^{\text{пл}}) = m[f^\theta(V_{\text{пр}})] > f^{\theta''} \cdot [m(V_{\text{пр}})]. \quad (13)$$

Так, для случайного события  $A$  с двумя исходами  $V_{\text{пр}}^{\text{пл}}$  и  $(V_{\text{пр}}^{\text{пл}})''$  и соответствующими вероятностями  $p_1 = p$  и  $p_2 = 1 - p$  имеем:

$$p \cdot f^\theta(V_{\text{пр}}^{\text{пл}}) + (1 - p) \cdot f^\theta(V_{\text{пр}}^{\text{пл}})'' > f^\theta(p \cdot V_{\text{пр}}^{\text{пл}} + (1 - p)(V_{\text{пр}}^{\text{пл}})''), \quad (14)$$

что соответствует определению вогнутой функции.

Таким образом, в ситуации с риском предпочтения на множестве стратегий устанавливаются путем сравнения математических ожиданий оценочных функций. Для ЛПР с определенной психологической доминантой оценочными функциями скорости проведения выработки, как основного показателя плана проходческих бригад, являются совокупность линейных преобразований:

$$F^\theta(V_{\text{пр}}) = \{ a f^\theta(V_{\text{пр}}) + b, \quad a > 0 \}. \quad (15)$$

Поэтому при получении конкретной функции  $f^\theta$  следует выбрать начало отсчета  $b$  и единицу измерения  $a$ , установить предпочтения ЛПР в заданном интервале и выполнить нормирование функции  $f^\theta(V_{\text{пр}})$  так, чтобы она изменялась в пределах от 0 до 1. Далее с помощью  $f^\theta$  нужно определить значения функции эффективности  $W(\mu)$  для каждой стратегии  $\mu \in M$ , а затем сравнить их между собой.

**Выводы.** Применение предложенного подхода определения плановых показателей ГПР с учетом риска позволяет оценить степень использования потенциальных возможностей проходческих бригад и управлять деятельностью по преодолению ситуаций неизбежного выбора решений в условиях неопределенности. Использование нормированной оценочной функции, характеризующей отношение руководителей работ к риску, позволяет обоснованно корректировать плановые задания, полученные на основании действующих нормативов, что приведет к минимизации величины возможных потерь в случае невыполнения плана.

### **Библиографический список**

1. Бабиюк Г.В. Определение параметров горнопроходческих работ с использованием вероятностно-статистических моделей / Г.В. Бабиюк, Е.С. Смекалин // Вестник Академии строительства «Современные проблемы шахтного и подземного строительства». – Донецк: Норд-Пресс, 2005. – С. 177-184.

2. Оресте П.П. Применение статистического анализа для определения сроков и стоимости проходки тоннеля / П.П. Оресте // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых, 2006. – №3. – С. 76-93.

3. Першин В.В. Интенсификация горнопроходческих работ при реконструкции шахт / В.В. Першин. – М.: Недра, 1988. – 136с.

4. Згуровський М.З. Основи системного аналізу / М.З. Згуровський, Н.Д. Панкратова. – К.: Видавнична група ВНУ, 2007. – 544 с.

5. Бабиюк Г.В. Многоуровневая модель горно-строительной системы / Г.В. Бабиюк, Е.С. Смекалин // Науковий вісник НГУ, 2007. – №5. – С.32-36.

6. Богоявленский С.Б. Управление риском в социально-экономических системах / С.Б. Богоявленский. – СПб.: изд-во СПб. ГУЭФ, 2010. – 147с.

7. Уродовских В.Н. Управление рисками предприятия: [учеб. пособие] / В.Н. Уродовских. – М.: Инфра-М, 2011. – 168с.

8. Кини Р.Л. Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения / Р.Л. Кини, Х. Райфа. – М.: Радио и связь, 1981. – 560с.

*Рекомендована к печати д.т.н., проф. Гайко Г.И*