

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНВЕСТИЦИОННОГО РИСКА ВОСПРОИЗВОДСТВА МОЩНОСТИ УГЛЕДОБЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Устойчивая работа угледобывающего предприятия обеспечивается перманентным обновлением фронта очистных работ путём своевременной подготовки и ввода в эксплуатацию новых очистных забоев (лав) взамен выбывающих, отработавших свои запасы угля. На практике это осуществляется ежегод-

ной разработкой программы развития горнопроходческих работ. Основой для разработки программы являются технологические схемы вскрытия и подготовки, каждая из которых отличается структурой сооружаемых горных выработок (табл.1).

Таблица 1

Технологические схемы вскрытия и подготовки угольных пластов

Шифр схемы	Структура горных выработок технологической схемы									
	кверш лаги	трансп ортные уклоны	вспомога тельные уклоны	полевые откаточны е штреки	вентиляц ионные штреки	фланго вые сбойки	бремсб ерги	бортов ые штреки	ярусны е штреки	разреzn ые печи
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
I	+			+	+	+	+		+	+
II	+		+	+	+	+			+	+
III	+	+		+	+	+	+		+	+
IV	+	+		+	+	+	+	+	+	+

Программа развития горнопроходческих работ, составленная таким способом, имеет ряд организационных недостатков:

воспроизводство мощности угледобывающего предприятия обеспечивается определённым количеством очистных забоев. Программа развития горнопроходческих работ составляется на календарный год. В ней не представляется возможным согласовать во времени срок отработки действующих и подготавливаемых очистных забоев;

продолжительность подготовки новых очистных забоев в программе рассчитывается на основе нормативных темпов проведения горных выработок. В реальных условиях темпы проведения горных выработок отличаются от нормативных под влиянием факторов неопределённости. В программе это не находит отражения;

срок подготовки нового очистного забоя строго регламентирован сроком отра-

ботки действующего забоя. Их рассогласование влияет на экономические показатели работы предприятия. Это требует определения приемлемого уровня инвестиционного риска.

Методологии оценки риска инвестиционных проектов посвящены исследования многих отечественных и зарубежных авторов [1-3]. Риски классифицируют по различным критериям. Особую группу составляют риски предприятий (организаций). Их делят на риски производственные, коммерческие, финансовые и инвестиционные.

Инвестиционные риски предприятия обусловлены неопределённостью получения запланированного результата при реализации инвестиционного проекта. В процессе производственно-хозяйственной деятельности предприятия встречаются с различными факторами неопределённости – как внешними, так и внутренними (рис. 1).

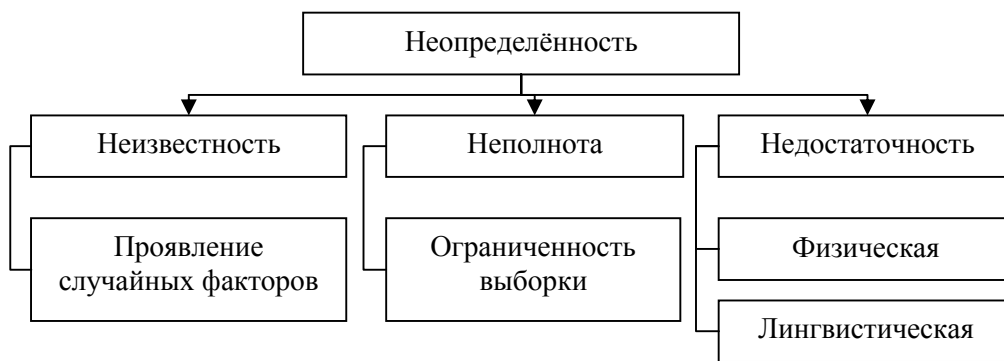


Рис. 1. Виды неопределённости

Факторы неопределённости (риска) различаются между собой как по месту, так и по времени и условиям возникновения. Однако все они между собой взаимообусловлены, что усложняет выбор метода анализа влияния конкретного риска и принятия решения относительно его оценки. Поэтому выбор метода оценки риска, определение величины его приемлемости имеет важное значение для всех инвестиционных проектов промышленных предприятий, в том числе и для инвестиционных проектов воспроизводства мощности угледобывающих предприятий. Инвестиционный проект воспроизводства мощности угледобывающего предприятия характеризуется рядом специфических особенностей. В первую очередь это относится к установлению факторов риска, влияющих на срок воспроизводства очистных забоев и методов оценки их значимости.

Таким образом, воспроизводство мощности угледобывающего предприятия – это последовательная смена очистных забоев в их взаимосвязи с внешней и внутренней средой, формирующей производственную мощность предприятия.

Цель статьи – рассмотреть методологический подход определения срока воспроизводства мощности угледобывающего предприятия и оценить уровень его надёжности.

При оценке инвестиционного проекта подвергаются анализу такие показатели:

инвестиционная привлекательность отрасли: доходность, перспектива развития, уровень конкуренции, социальное напряжение;

инвестиционная привлекательность региона: общеэкономическое состояние, развитие инвестиционной инфраструктуры, демографическая характеристика, экологическая

ситуация, коммерческие виды деятельности; инвестиционная привлекательность предприятия: имидж продукции на рынке, финансовое состояние, мощность предприятия, современная технология, обеспеченность квалифицированными трудовыми ресурсами, инновационная активность;

инвестиционная привлекательность проекта: состояние разработки проблемы, показатели эффективности, стоимость проекта.

Инвестиционный проект реализуется на протяжении длительного периода. Это требует учёта фактора времени в распределении капитальных вложений при оценке показателей эффективности проекта.

Поэтому все чаще инвестиционные проекты разрабатываются в форме сетевой модели. Проект, составленный в виде сетевой модели, имеет ряд преимуществ:

имеет четкие границы времени начала и окончания;

строго фиксирован срок выполнения проекта;

представляется возможным оптимизировать уровень затрат на реализацию проекта;

установить лицо, ответственное за выполнение проекта в заданный срок.

Классическая сетевая модель характеризуется следующими параметрами:

длиной критического пути, представляющего собой продолжительность выполнения работ, лежащих на этом пути;

сетевая модель имеет одно начальное и одно конечное событие;

работы, лежащие на критическом пути, не имеют резерва времени;

длина критического пути, ранние и поздние сроки свершения событий, резервы времени выполнения работ рассчитываются по общепризнанной в мировой практике

методике.

Инвестиционный проект воспроизводства мощности угледобывающего предприятия не может быть представлен сетевой моделью с одним конечным событием. Поддержание производственной мощности обеспечивается одновременной работой нескольких очистных забоев (табл. 2). Сроки отработки действующих очистных забоев рассредоточены во времени. Поэтому подготовка новых лав взамен выбывающих представляет собой обособленную сетевую

модель со своим сроком начала и окончания и длиной критического пути. На длину критического пути подготавливаемого очистного забоя оказывает влияние не только продолжительность сооружения горных выработок, лежащих на этом пути, но и количество параллельно подготавливаемых очистных забоев, поскольку организационно они ограничены пропускной способностью технологических звеньев угледобывающего предприятия.

Таблица 2

Распределение шахт, разрабатывающих пологие и наклонные пласты угля, по среднему количеству действующих очистных забоев

Производственные объединения	Среднедействующее количество очистных забоев							
	один забой		два забоя		три забоя		четыре забоя	
	кол-во шахт	%	кол-во шахт	%	кол-во шахт	%	кол-во шахт	%
ДУЭК	3	23,0	6	46,0	2	15,5	2	15,15
Макеевуголь	2	22,0	5	56,0	1	11,0	1	11,0
Красноармейскуголь	1	25,0	3	75,0	–	–	–	–
Селидовуголь	1	25,0	3	75,0	–	–	–	–
Добропольеуголь	2	39,0	3	50,5	–	–	1	16,5
Луганскуголь	3	33,0	5	56,0	1	11,0	–	–
Первомайскуголь	3	50,0	3	50,0	–	–	–	–
Лисичанскуголь	2	67,0	1	33,0	3	43,0	–	–
ОАО Краснодонуголь	1	14,0	3	43,0	4	44,0	–	–
ОАО Павлоградуголь	–	–	–	40,0	1	10,0	5	56,0
Львовуголь	5	50,0	4	50,0	–	–	–	–
Вольньуголь	1	25,0	2	–	–	–	1	25,0
АП ш. им. А.Ф. Засядько	–	–	–	–	–	–	1	100,0
ОАО УК «Красноармейская-Западная № 1»	–	–	–	–	–	–	1	100,0
ГП УК ш. «Краснолиманская»	–	–	–	–	–	–	1	100,0
ОАО ш. им. М. И. Сташкова	–	–	–	–	–	–	1	100,0
ГОО ш. Белореченская	–	–	–	–	–	–	1	100,0
Итого	24	26	38	43,0	12	14,0	15	17,0

В этом случае инвестиционный проект воспроизводства мощности угледобывающего предприятия представляет собой n -канальную модель с одним начальным и несколькими конечными событиями, количество которых определяется числом очистных забоев, обеспечивающих производственную мощность предприятия.

Критический путь подготовки n -го очистного забоя рассчитывается по формуле

$$T_n = \sum_{i=1}^n \frac{l_{ij,n}}{V_{ij,n}} \cdot kn \leq T_{ns}, \quad (1)$$

где T_n – длина критического пути подготовки очистного забоя, мес.;

T_{ns} – срок отработки действующего очистного забоя, взамен которого готовится новый;

n – количество работ, лежащих на этом критическом пути;

i, j – соответственно номера i -го (начального для этой работы) и j -го (конечного)

события, лежащего на этом критическом пути;

lij,n – длина выработки, м;

Vij,n – темпы проходки соответствующей горной выработки, м/мес.;

kn – коэффициент сложности сетевой модели, рассчитываемый как отношение общего количества работ сетевой модели к количеству работ, лежащих на n -м критическом пути (N); kn определяется по формуле

$$kn = 1 + 0,15 \ln N. \quad (2)$$

Формула (2) получена на основе статистической обработки методом статистических испытаний проектов строительства новых и реконструкции действующих угольных шахт, разработанных институтом Донгипрошахт.

Темпы проведения горных выработок при разработке инвестиционных проектов угольных предприятий проектными организациями принимаются на уровне нормативов, утвержденных Минуглепромом Украины.

Горно-геологические условия и технологические схемы проведения горных выработок на действующих угольных шахтах отличаются от принятых при расчете нормативов. Поэтому при разработках сетевой модели инвестиционных проектов воспроизводства мощности для действующих шахт принимаются оптимальные темпы проходки горных выработок, рассчитанные по специальным методикам [4,5].

Стоимость сооружения 1м горной выработки в этих условиях рассчитывается по формуле

$$CV = CV_n \left(a_0 + a_1 \frac{V}{V_n} + a_2 \frac{V_n}{V} \right) \left. \vphantom{CV} \right\}, \quad (3)$$

$$V_{\min} \leq V \leq V_{\max}$$

где CV – стоимость сооружения 1м горной выработки при темпах проходки, принятых в инвестиционном проекте, грн./м;

CV_n – стоимость сооружения 1м горной выработки при нормативных темпах проходки, грн./м;

a_0, a_1, a_2 – затраты в долях единицы соответственно в составе:

a_0 – постоянных общешахтных (общезаводских) затратах;

a_1 – переменных общезаводских затратах;

a_2 – постоянных общеучастковых затратах;

$$a_0 + a_1 + a_2 = 1;$$

V_{\min}, V_{\max} – диапазон изменения темпов проходки выработок, определяемый по формулам:

минимальные темпы проходки

$$V_{\min} = \frac{V_n}{\alpha / (\alpha + \beta)(k_v - 1) + 1}; \quad (4)$$

максимальные темпы проходки

$$V_{\max} = \frac{V_n \cdot k_v}{\alpha / (\alpha + \beta)(k_v - 1) + 1}, \quad (5)$$

где k_v – статистический коэффициент, определяемый как отношение максимальных темпов проведения горных выработок на данной шахте к минимальным;

α и β – параметры закона распределения темпов проведения горной выработки в заданном интервале.

Для определения параметров α и β закона распределения темпов проходки сформированы выборки достаточного объема различных горных выработок: квершлагов, полевых и пластовых штреков; наклонных выработок. Обобщение гистограмм распределения темпов проходки этих выработок (рис. 2) позволяет рекомендовать в качестве типового закона распределения темпов проведения горных выработок бета-распределение, описываемое уравнением

$$P(V) = \frac{60}{(V_{\max} - V_{\min})^6} (V - V_{\min})^2 \cdot (V_{\max} - V)^3. \quad (6)$$

Мера расхождения теоретического распределения, рассчитанного по формуле (6), и гистограмм распределения фактических темпов проходки определена по правилу В.И. Романовского [5]

$$\mu = \frac{(\chi^2 - r)}{\sqrt{2r}} \leq 3, \quad (7)$$

где χ^2 – хи-квадрат, рассчитанный по формуле

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(n_i - N_0 \cdot Pi)^2}{N_0 \cdot Pi}, \quad (8)$$

где r – число степеней свободы;

N_0 – объем выборки.

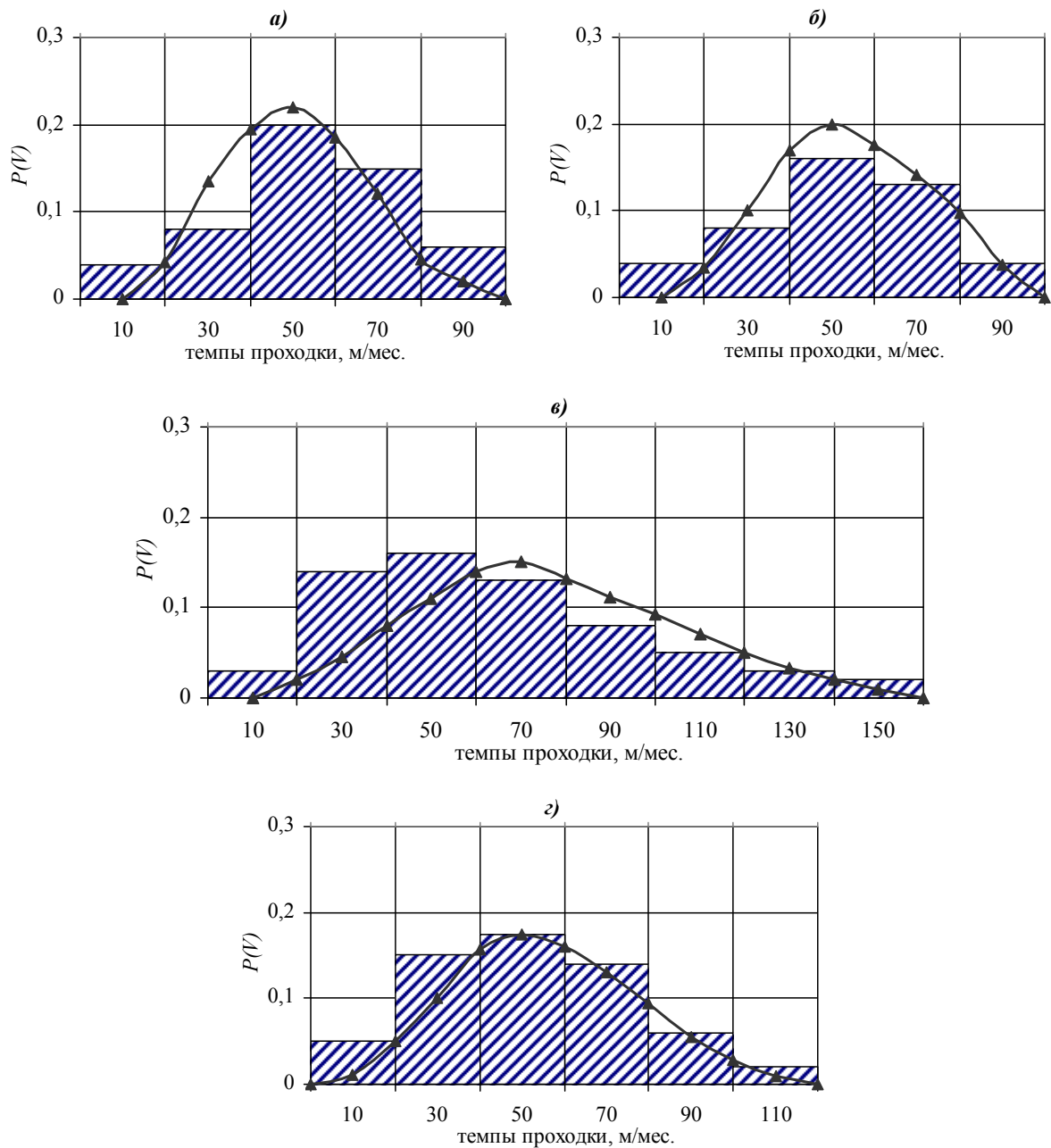


Рис. 2. Гистограммы распределения темпов проходки горных выработок: а) квершлагаи; б) полевые штреки; в) пластовые штреки; г) наклонные выработки.

Рассматривая реальные темпы проведения горных выработок, лежащих на критическом пути сетевой модели воспроизводства производственной мощности угледобывающего предприятия, как вероятные величины, можно представить срок реализации инвестиционного проекта в виде нечеткого треугольного числа, состоящего из минимальной, максимальной

и оптимальной продолжительности ($T_{n.min}, \bar{T}_n, T_{n.max}$), которые рассчитываются по формулам:

$$T_{n.min} = \sum_{i=1}^n \frac{l_{ij,n}}{u_{ij,n,max}} k_v ; \quad (9)$$

$$T_{n.max} = \sum_{i=1}^n \frac{l_{ij,n}}{u_{ij,n,max}} k_v . \quad (10)$$

Более сложной является процедура определения оптимальной продолжительности реализации инвестиционного проекта. Проект должен быть реализован в заданный срок (T_s), с заданным уровнем надежности (риска). Заданный срок регламентирован сроком отработки действующего очистного забоя. Он может быть рассчитан по нормативным темпам проведения горных выработок или определен методом динамического программирования.

Концептуальная модель оптимизации сетевой модели методом динамического программирования имеет вид

$$Z(T_s) = \left[Z(t_{ij}) + Z\left(T - \sum_{i=1}^K t_{ij}\right) \right] \Rightarrow \min, \quad (11)$$

где $Z(T_s)$ – минимальные затраты на реализацию критического пути инвестиционного проекта, ден.ед.;

$Z\left(T - \sum_{i=1}^K t_{ij}\right)$ – затраты на проведение

горных выработок, предшествующих рассматриваемой, ден.ед.;

$Z(t_{ij})$ – затраты на проведение рассматриваемой горной выработки, ден.ед.

Процесс оптимизации сетевой модели выполняется в нескольких этапов в направлении обратном от конечного события. Упрощенная блок-схема оптимизации сетевой модели приведена на рис. 3.



Рис. 3. Механизм разработки инвестиционного проекта

Представление срока реализации инвестиционного проекта в виде треугольного числа дает возможность оценить уровень риска выполнения проекта в заданный срок, применяя методологию и теорию нечетких множеств. В этом случае границу срока реализации проекта ($T_{n.min} - T_{n.max}$) следует рассматривать как пессимистическую, а реальный срок – как случайную величину, распределенную в оптимистическом интервале, границы которого рассчитываются по формулам:

минимальный

$$t_{n.min} = T_{n.min} + (\bar{T}_n - T_{n.min})P; \quad (12)$$

максимальный

$$t_{n.max} = T_{n.max} - (T_{n.max} - T_{n.o})P, \quad (13)$$

где $T_{n.min}, T_{n.max}$ – границы пессимистического горизонта;

P – функция принадлежности, установленная разработчиком проекта (рис. 4).

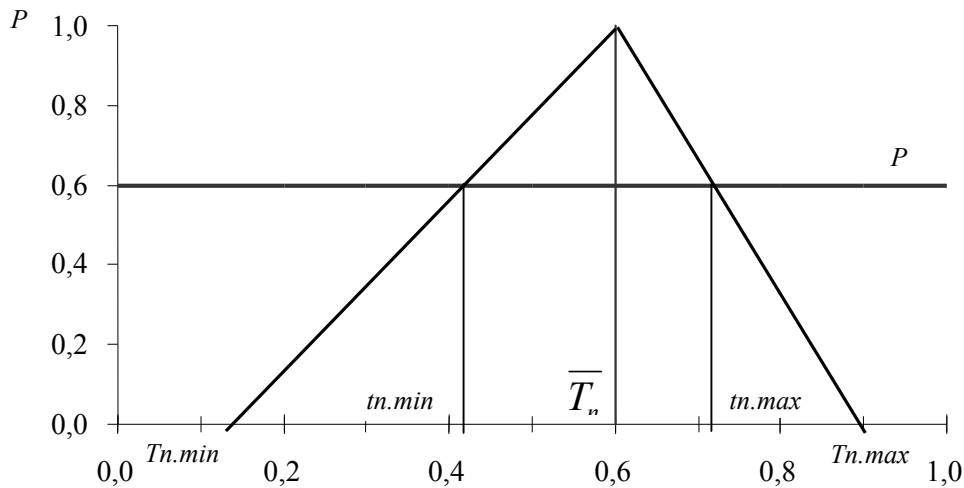


Рис. 4. Треугольные нечеткие числа

При таком подходе представляется возможным, модифицируя идею О.А. Недосекина [6], рассчитать уровень риска выполнения проекта в заданный срок по формуле

$$R_{risk} = 1 - (1 - R) \left[1 + \frac{(1 - \gamma)}{\gamma} \ln(1 - \gamma) \right], \quad (14)$$

где $R = \frac{T_{n.o} - t_{n.min}}{t_{n.max} - t_{n.min}}$; $\gamma = \frac{t_{n.max} - T_{n.o}}{t_{n.max} - \bar{T}_n}$;

$T_{n.o}$ – планируемый срок выполнения проекта, мес.;

\bar{T}_n – математическое ожидание срока реализации проекта.

Рассчитанная по формуле (14) степень риска принимает значения в интервале 0 и 1. Допустимую величину риска определяет разработчик проекта.

Выводы. Предложенный методологический подход к определению уровня приемлемого риска инвестиционного проекта воспроизводства мощности угледобывающего предприятия позволяет повысить надежность принимаемых управленческих решений на стадии разработки стратегии развития горнодобывающих предприятий.