

УДК 338.242.2

Экономико-математическое сопровождение инвестиционных проектов угледобывающих предприятий методом контроллинга критического пути

Предложен метод планирования и реализации инвестиционных проектов воспроизводства мощности угледобывающих предприятий, основанный на применении сетевого планирования и управления. Мониторинг реализации сетевой модели выполняется методом контроллинга критического пути.

Ключевые слова: инвестиционный проект, сетевая модель, контроллинг, сжатие критического пути, мониторинг, реализация проекта.

Контактная информация: evdok37@mail.ru

Постановка проблемы. Работа промышленных предприятий в современных нестабильных условиях Украины, процессы социализации экономики вынуждают предприятия постоянно реагировать на происходящие изменения, что обуславливает особенности управления их развитием.

Как подтверждает опыт успешных предприятий, управление развитием предприятия позволяет не только поддерживать его в конкурентоспособном состоянии, но и обеспечивает экономически эффективное функционирование.

Развитие предприятий напрямую зависит от успешности осуществления инвестиционных проектов. Одна из важных задач менеджмента – сделать так, чтобы работа по каждому проекту выполнялась в заданных объемах, своевременно и в пределах выделенных средств. В то же время анализ практики управления проектами показывает, что большинство проектов завершается с нарушением бюджета и сроков. Даже самые оптимистичные результаты исследований свидетельствуют, что только 25 % проектов завершается без существенных нарушений сроков или бюджетов на надлежащем уровне запланированных качественных параметров. Это обуславливает актуальность продолжения исследований проблематики, связанной с сопровождением инвестиционных проектов.

Анализ публикаций. Несмотря на значительное количество научных разработок в сфере управления развитием предприятия, существующие проблемы можно разделить на две группы.

Первая группа – общеметодологические и методические проблемы, связанные с парадигмой управления в экономических системах, когда наряду с управлением ресурсами не менее важно управление изменениями, знаниями, процессами и проекта-



Ф. И. ЕВДОКИМОВ,
доктор техн. наук



Т. Б. НАДТОКА,
канд. экон. наук



А. Г. ВИНОГРАДОВ,
инж.

ми [1], которые должны осуществляться в соответствии с концепцией устойчивого развития. В этой группе дискусионными остаются вопросы сущности понятия «развитие предприятия» и его разновидностей, методы и критерии оценки уровня развития, механизмы обеспечения устойчивого развития и др. В поиске путей разрешения проблем важен вывод Е. В. Раевневой [2] о том, что ядром механизма управления развитием предприятия выступает локальный

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

механизм диагностики, а Н. В. Цопа [3], обосновывая концепцию управляемого развития промышленного предприятия, подчеркивает необходимость информационного обеспечения развития.

Вторая группа – проблемы, связанные с адаптацией системы управления к отраслевым и территориальным особенностям предприятия, что проявляется в показателях оценки уровня его развития, критериях выбора оптимальных управленческих решений, разработке механизмов достижения желаемых целей развития [2, 3].

Поскольку предприятие – система (социально-экономическая, открытая, динамическая), то ему присущи свойства любой системы, в том числе устойчивость к возмущениям как внутри, так и извне, как в статике, так и в динамике. Особенно востребовано данное свойство в стратегическом управлении предприятием. Устойчивость развития, количественно характеризуя способность предприятия двигаться по выработанной целевой траектории, проявляется опосредованно через такие факторы, как минимально допустимые отклонения от запланированных целей развития, положительный тренд индикаторов развития, стабильность зон колебаний инди-

каторов развития относительно траектории развития, постоянство соотношения критических параметров, поддержание основных параметров на заданном уровне.

Четкое видение концепции устойчивого развития угольной отрасли Украины невозможно в ближайшем будущем, что побуждает каждое угледобывающее предприятие самостоятельно определять свою перспективу. Угледобывающее предприятие не является коммерческой организацией в традиционном понимании, так как эффективность его функционирования значительно зависит от горно-геологических условий и государственной регуляторной политики. Его продукция имеет целевое назначение. Поэтому в рыночных условиях для отрасли предпочтительной считается конфедеративная форма организации шахты в виде арендного или самостоятельного предприятия в составе вертикально или горизонтально интегрированной корпорации. Такая форма организации предполагает адаптацию менеджмента шахты к принципам, целям и задачам корпоративного управления, к которым относятся обеспечение устойчивости производственной мощности, финансовое проектирование инвестиционных процессов и приемлемый риск выполнения инвести-

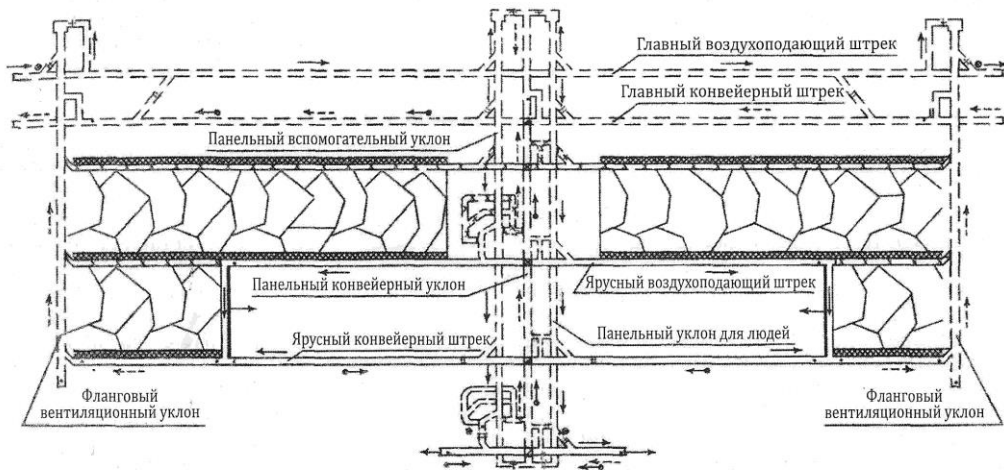


Рис. 1. Технологическая схема № 1 подготовки и проветривания уклонной панели с обособленным разбавлением вредных веществ и применением фланговых выработок.

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

Таблица 1

Вид выработки	Минимальная длина выработки, м	Численность сменного звена, чел.	Скорость проходки, м/мес	Время проходки, мес
Ярусные конвейерные штреки	2×1250	8	290	4,3
Панельный вспомогательный уклон	200	5	220	0,9
Панельный людской уклон	200	5	220	0,9
Панельный конвейерный уклон	200	6	220	0,9
Вентиляционный уклон	200	6	220	0,9
Вспомогательная обходная	150	5	125	1,2
Конвейерная обходная	100	5	125	0,8
Разрезная печь	2×200	4	400	1,0

ционных проектов в заданный срок. Инвестиционный проект в этих условиях должен определять три ключевых параметра: продолжительность реализации проекта, стоимость и приемлемый риск выполнения в заданный срок.

Цель исследования – рассмотрение методологических аспектов реализации инвестиционных проектов и предлагаемого механизма контроллинга критического пути сетевой модели проекта воспроизводства мощности угледобывающего предприятия в заданный момент времени.

Результаты исследования. Производственную мощность угледобывающего предприятия определяют мощность разрабатываемого пласта, количество действующих очистных забоев и их нагрузка. Устойчивость поддержания производственной мощности во времени обеспе-

чивает своевременное воспроизводство новых очистных забоев взамен отработавших отведенные запасы угля.

Минуглепром Украины утвердил стандарт на технологические схемы подготовки очистных забоев для разных горнотехнических условий, регламентирующий шесть технологических схем выемки пластов очистными забоями с высокой нагрузкой [4]. Каждая схема определяет порядок ввода в эксплуатацию, структуру горных выработок подготовки очистного забоя, вид транспорта и способ проветривания. Технологическая схема подготовки очистных забоев для наиболее сложных горно-геологических условий шахт Донбасса изображена на рис. 1.

Для подготовки очистного забоя должны быть пройдены выработки, описание которых представлено по форме табл. 1.

Таблица 2

Выработки, их оснащение	Продолжительность, мес	Календарный график подготовки очистного забоя							
		Февр.	Март	Апр.	Май	Июнь	Июль	Авг.	Сент.
Ярусный конвейерный штрек № 1	4,3	[Горизонтальная линия]							
Ярусный конвейерный штрек № 2	4,3	[Горизонтальная линия]							
Панельный вспомогательный уклон	0,9	[Горизонтальная линия]							
Панельный людской уклон	0,9	[Горизонтальная линия]							
Панельный конвейерный уклон	0,9	[Горизонтальная линия]							
Вентиляционный уклон	0,9	[Горизонтальная линия]							
Вспомогательная обходная	1,2	[Горизонтальная линия]							
Конвейерная обходная	0,8	[Горизонтальная линия]							
Разрезная печь № 1	0,5	[Горизонтальная линия]							
Разрезная печь № 2	0,5	[Горизонтальная линия]							
Оснащение очистного забоя	3,0	[Горизонтальная линия]							

Таблица 3

Горные выработки	Нормативная скорость проведения выработки, м/мес	Параметры бета-распределения		
		p	q	1/B(p,q)
Квершлаг	70	2	3	12
Полевые штреки	70	2	3	12
Штреки по полезному ископаемому и с подрывкой породы	110	2	3	12
Наклонные выработки, проводимые по полезному ископаемому и с подрывкой породы снизу вверх	95	1,5	2	3,75
То же сверху вниз	80	1,5	2	3,75

Продолжительность подготовки очередного очистного забоя рекомендуется определять на основе календарного графика (табл. 2), продолжительность проведения каждой выработки – по утвержденным нормативным скоростям, приведенным в табл. 3 или рассчитанным по формуле

$$v_{пр\ min} = [(3_a^b + 3_a^b + 3_a^b) / (3_a^h + 3_a^h + 3_a^h)] v_{сут} \quad (1)$$

где $3_a^{(h)}$, $3_a^{(h)}$, $3_a^{(h)}$ – затраты на 1 м выработки по основным элементам себестоимости (зарплата, амортизация, электроэнергия) по базовому и нормативному вариантам проведения выработки с использованием комбайнового или буровзрывного способа проходки, грн;

$v_{сут}$ – суточная скорость проведения выработки, м.

Календарное планирование продолжительности выполнения инвестиционных проектов общепризнано. Однако для планирования

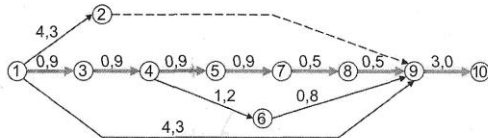


Рис. 2. Фрагмент сетевой модели подготовки очистного забоя: —> – действительная работа, требующая затрат времени и ресурсов; - - -> – фиктивная работа, характеризующая только взаимосвязь событий; —> – работа критического пути; над стрелками указана продолжительность работ в месяцах; ①...⑩ – события, отражающие моменты завершения входящих в них работ.

продолжительности воспроизводства очистных забоев оно не может быть эффективным по следующим причинам:

- принятая в календарном графике продолжительность проведения выработок не позволяет установить время начала и окончания подготовки нового очистного забоя. Это не гарантирует подготовку его к заданному сроку, что неприемлемо для корпоративного управления предприятием;

- инвестиционная программа подготовки нового очистного забоя в виде календарного графика не дает возможности осуществлять мониторинг ее реализации и корректировку продолжительности проведения выработок в случае отклонения от заданной планом;

- фактические скорости проведения выработок под действием факторов неопределенности могут отличаться как в большую, так и в меньшую сторону. Календарный график не предусматривает их корректировку.

Таким образом, возникает необходимость в диверсификации системы управления воспроизводством очистных забоев угледобывающих предприятий в направлении адаптации ее к условиям корпоративного управления.

Адаптация системы управления воспроизводством мощности угледобывающего предприятия к системе корпоративного управления должна базироваться на системном подходе. С одной стороны, модель календарного планирования подготовки очистных забоев должна быть заменена моделью, позволяющей определять скорости проведения горных выработок, обеспечивающих подготовку очистных забоев к заданному сроку. С другой стороны, модель их подготовки должна позволять мониторинг реализации инвестиционных проектов и их корректировку при отклонениях фактической скорости проведения горных выработок от плановой.

Для построения указанной модели можно использовать проектный подход, основанный на применении сетевых методов планирования и управления инвестиционными процессами воспроизводства очистных забоев угледобывающего предприятия. Так, календарный план (см. табл. 2), составленный на основе технологической схемы подготовки очистного забоя, легко преобразо-

вать в сетевую модель (рис. 2). Критический путь и его состав определяются по общепринятой методике [5].

Продолжительность реализации проекта на сетевой модели определяет продолжительность критического пути и рассчитывается в два этапа. На *первом этапе* продолжительность проведения горных выработок устанавливается по нормативным скоростям проходки (табл. 3), а продолжительность критического пути сетевой модели рассчитывается по общепринятой методике [5]. Для сетевой модели подготовки очистного забоя (см. рис. 2) продолжительность критического пути составляет 7,6 мес. На *втором этапе*, если продолжительность подготовки очистного забоя превышает заданный срок, скорость проведения горных выработок критического пути увеличивается умножением ее на коэффициент, значение которого определяется отклонением заданного срока подготовки очистного забоя T_s от рассчитанного T_p .

Определенные таким образом плановые скорости проведения горных выработок следует рассматривать как ожидаемые. Фактические скорости могут отклоняться от плановых. Диапазон отклонения при разработке инвестиционного проекта предусмотреть невозможно. Универсального закона распределения фактических скоростей проведения выработок не существует. На практике при разработке конкретных инвестиционных проектов закон распределения можно принять на основе статистических исследований.

На рис. 3 приведены гистограммы диапазонов фактических скоростей проведения горных выработок шахт Донецкого региона, сгруппированных в однородные совокупности. Объем выборки по каждой выработке рассчитывается по формуле

$$n = z_p^2 \sigma^2 / \varepsilon^2, \quad (2)$$

где z_p – статистический коэффициент, значение которого определено принятым уровнем надежности;

σ – среднеквадратическое отклонение скоростей проведения горных выработок от планового значения, м/мес;

ε – принятая погрешность, м/мес.

При разработке конкретного инвестиционного проекта статистические распределения отклонений фактической продолжительности выполнения работ критического пути от плановой целесообразно принять на основе критерия Пирсона и тем самым определить закон их распределения и границы интервалов. Таким законом часто принимается бета-распределение, позволяющее использовать единую систему уравнений для расчета диапазона отклонений фактической продолжительности работ сетевой модели относительно предусмотренной планом. Расчетные уравнения для отдельных работ проекта различаются лишь значениями параметров p, q (см. табл. 3).

Диапазон отклонений фактических скоростей проведения горных выработок критического пути относительно запланированных при разработке инвестиционных проектов воспро-

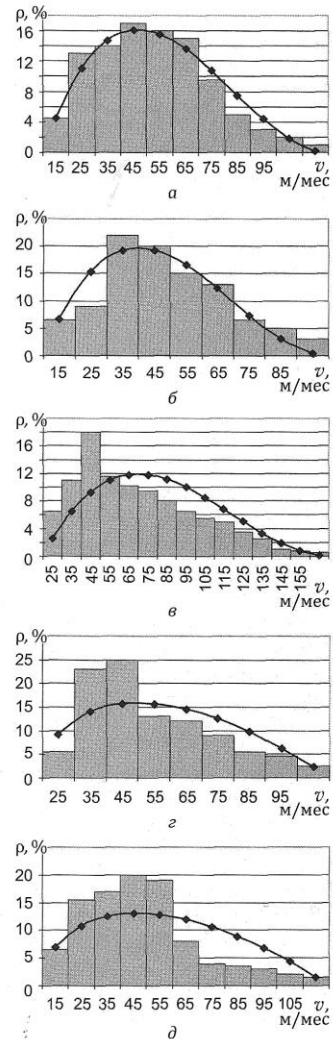


Рис. 3. Гистограммы вероятностей скоростей проведения горных выработок угольных шахт Донецкого региона: \square – статистической; \blacklozenge – теоретической; а – полевые штреки ($p = 2; q = 3; 1/B = 12$); б – квершлагги ($p = 2; q = 3; 1/B = 12$); в – пластовые штреки ($p = 2; q = 3; 1/B = 12$); г – уклоны ($p = 1,5; q = 2; 1/B = 3,75$); д – бремсберги ($p = 1,5; q = 2; 1/B = 3,75$).

изводства мощности угледобывающего предприятия рассчитывают по уравнениям:

- плотность распределения фактических скоростей проведения горных выработок

$$P(v) = 1/B(p,q) [(v - v_{\min})^{p-1} (v_{\max} - v)^{q-1}] / [(v_{\max} - v_{\min})^{p+q-1}], \quad (3)$$

где p, q – параметры формы кривой плотности распределения (см. табл. 3, рис. 3);

$B(p,q)$ – полная бета-функция Эйлера, нормирующий множитель (см. табл. 3, рис. 3);

v_{\min} и v_{\max} – минимальная и максимальная скорости проведения выработок, формирующие диапазон отклонений фактических скоростей от плановой;

- минимальная и максимальная скорости проведения выработки:

$$v_{\min} = v_{\text{пл}} / [p / (p+q) (K_v - 1) + 1]; \quad (4)$$

$$v_{\max} = v_{\min} K_v, \quad (5)$$

где $v_{\text{пл}}$ – плановая скорость проведения выработки, м/мес;
 K_v – параметр, определяемый как отношение максимальной технически возможной скорости проведения горной выработки при принятой технологической схеме к минимальной, доли ед.

Теоретические кривые функции бета-распределения фактических скоростей проведения разных видов горных выработок изображены на рис. 3.

Полагая фактическую скорость проведения горных выработок критического пути случайной величиной, необходимо и продолжительность проведения выработок критического пути сетевой модели инвестиционного проекта подготовки очистного забоя рассматривать как нечеткое треугольное число, определяемое по трем скоростям проведения горных выработок [6]. Это обуславливает необходимость диверсификации управления воспроизводством очистных забоев в части его направленности на разработку системы мониторинга и корректировки продолжительности проведения выработок критического пути для реализации инвестиционных проектов в заданный срок.

Как известно, неременное условие эффективного управления инвестициями предприятия – полное использование механизмов планирования, координации и контроля реальных инвестиций, что можно определить как организацию системы инвестиционного контроллинга. Контроллинг инвестиционных про-

ектов включает в себя систему мониторинга, оценки и контроля инвестиционных проектов с целью выработки управленческих решений.

Методология контроллинга критического пути должна базироваться на интеграции модели сопровождения (мониторинга) реализации инвестиционного проекта и модели корректировки продолжительности критического пути, обеспечивающей осуществление проекта в заданный срок. Обобщенная схема алгоритма, реализующая изложенную методологию контроллинга инвестиционного проекта, в том числе по поддержанию производственной мощности угледобывающего предприятия, приведена на рис. 4.

На подготовительном этапе выполняются параметрическое (см. рис. 4, блок 1) и структурное (блок 2) формирование сетевой модели, затем – расчет продолжительности критического пути и составление общей сметы затрат на реализацию инвестиционного проекта (блок 3). Особенность параметризации сетевой модели – в установлении продолжительности проведения каждой работы опосредованно на основе знания длины горной выработки и скорости ее проведения.

Необходимое условие контроллинга инвестиционного проекта – определение для каждой работы таких обязательных четырех параметров:

v_{\max} и v_n – максимально возможная и нормативная скорости проведения каждой горной выработки сетевой модели, м/мес;

$C_{v_{\max}}$ и C_{v_n} – стоимость проведения 1 м выработки при максимально возможной и нормативной скорости ее проведения, ден. ед.

Эти параметры для каждой работы позволяют рассчитать:

- максимально возможный прирост скорости проведения выработки ($v_{\max} - v_n$);
- удельные (в расчете на единицу прироста скорости) затраты на увеличение скорости проведения выработки – коэффициент стоимости

$$K_c = (C_{v_{\max}} - C_{v_n}) / (v_{\max} - v_n). \quad (6)$$

После формирования сетевой модели проекта выполняется расчет таких ее характеристик: ожидаемой продолжительности выполнения проекта при нормативном времени выполнения работ исходя из нормативных скоростей проведения выработки;

работ, которые являются критическими;

затрат на выполнение проекта при нормативных скоростях проведения выработки как суммы стоимости проведения выработки при нормативных скоростях проведения всех работ.

Если ожидаемая продолжительность критического пути менеджмент проекта не устраивает ($T_{кр} > T_s$), т. е. окажется больше заданной (см. рис. 4, блок 4), ее необходимо уменьшить методом сжатия $T_{кр}$ (блок 5), что можно реализовать, например, увеличив численность проходческой бригады, изменив технологию проведения новых горных выработок, перейдя на новый суточный или недельный режим работы. Сокращение времени выполнения проекта, как правило, связано с привлечением дополнительных ресурсов, что приводит к увеличению затрат на реализацию проекта. В результате (блок 5) выполняется поиск компромисса между сокращением времени выполнения той или иной работы сетевой модели проекта и экономией дополнительных затрат на проект.

Сжатие продолжительности критического пути осуществляется методом анализа иерархий [7]. Последовательность проведения горных выработок в иерархии выстраивается в соответствии с повышением значений коэффициента стоимости (см. формулу (6)).

Таким образом, оптимизация модели заключается в минимизации дополнительных затрат, необходимых для сокращения времени на реализацию проекта, а значение целевой функции – это минимальная сумма затрат, требуемых для уменьшения времени на выполнение проекта до T_s .

Предположение о пропорциональности заключается в том, что любая дополнительная

доля сокращаемого времени на выполнение работы потребует постоянной (неизменной во времени) доли дополнительных затрат. При таком подходе для минимизации затрат на сокращение времени реализации проекта можно использовать модель линейного программирования. В случае непропорциональности увеличения затрат процесс поиска компромисса усложняется, но смысл оптимизации сохраняется.

Результат минимизации дополнительных затрат (см. рис. 4, блок 5) для выполнения

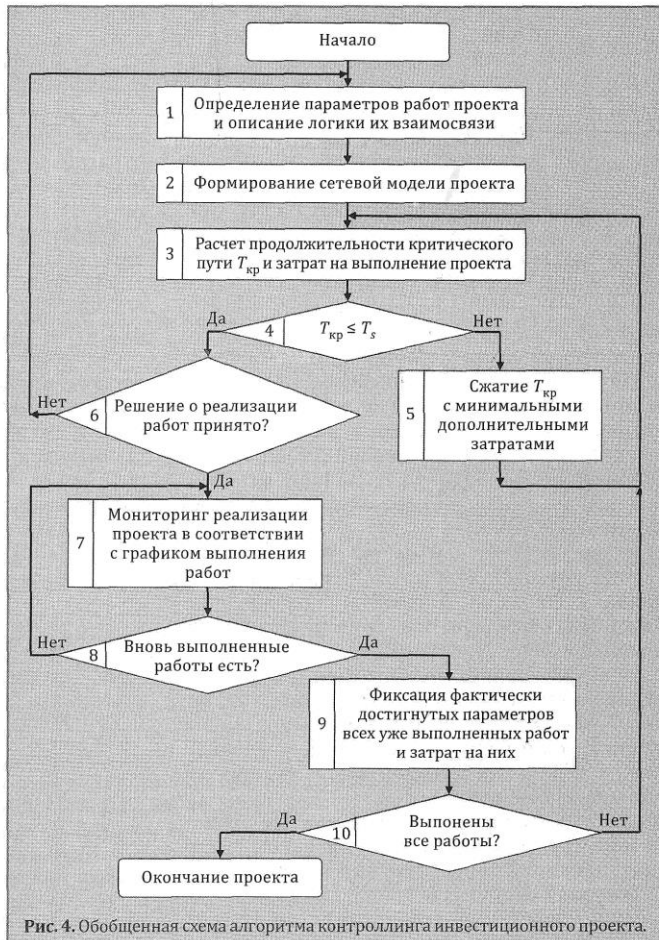


Рис. 4. Обобщенная схема алгоритма контроллинга инвестиционного проекта.

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

критерия $T_{кр} \leq T_s$ – это перечень работ, продолжительность которых необходимо сократить, увеличение скорости проведения каждой такой работы и дополнительные затраты, требуемые для этого, а также перечень критических работ, который может отличаться от ранее установленного.

При выполнении условия приемлемости продолжительности критического пути (см. рис. 4, блок 4) и положительном решении вопроса о возможности реализации работ проекта (блок 6) начинается реализация работ проекта и одновременно выполняется мониторинг (отслеживание) в соответствии с утвержденным графиком выполнения работ (блок 7).

По мере реализации проекта фиксируются моменты фактического окончания выполнения каждой работы (блок 8). Как только завершилось выполнение какой-либо работы, формируются условия для выполнения очередного цикла корректировки характеристик модели (блок 9):

- полученные параметры работ (фактические скорости проведения, время выполнения и понесенные затраты) фиксируются на достигнутом уровне и их нельзя изменить в дальнейшем;
- если остались невыполненные работы (блок 10), проверяется выполнение критерия $T_{кр} \leq T_s$ (блок 4) и при его невыполнении модель оптимизируется за счет еще невыполненных работ. Причем состав критических работ может измениться.

Цикл повторяется и тем самым реализуется мониторинг и управление проектом путем своевременной корректировки параметров.

Выводы. Для обеспечения эффективности функционирования предприятия должны ориентироваться на свое социально-экономическое развитие, важнейший параметр которого – устойчивость производственной мощности.

Общепринятого определения устойчивого развития предприятия не существует. Априори его можно рассматривать как модель программы стратегии инвестиционно-инновационного развития предприятия на перспективу. Инструментом, оценивающим уровни развития предприятия, может служить система критерияльных устойчивообразующих показателей.

Механизм обеспечения устойчивости социально-экономического развития предприятия определяется прежде всего его отраслевой принадлежностью и окружением.

В ближайшей перспективе четкое видение концепции устойчивого развития угольной отрасли экономики Украины не представляется возможным, что влечет за собой необходимость диверсификации форм организации и управления деятельностью угледобывающих предприятий, интегрированных вертикально и горизонтально интегрированных корпораций. Корпоративная форма управления угледобывающими предприятиями требует разработки методологии управления инвестиционными проектами воспроизводства мощности шахты в направлении обеспечения выполнения инвестиционных проектов в заданный срок.

Переход от календарного планирования воспроизводства очистных забоев к сетевому планированию и управлению позволяет осуществить контроллинг реализации инвестиционного проекта в процессе его выполнения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Харрингтон Дж. Совершенство управления изменениями / Дж. Харрингтон: пер. с англ. В. Н. Загребельного; под науч. ред. В. В. Брагина. – М.: Стандарты и качество, 2008. – 192 с.
2. Раєвнева О. В. Управління розвитком підприємства: методологія, механізми, моделі: [монографія] / О. В. Раєвнева. – Х.: ІНЖЕК, 2006. – 496 с.
3. Цопа Н. В. Механізм керованого розвитку промислових підприємств: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра екон. наук: спец. 08.00.04 «Економіка та упр. п-вами» / Наталія Володимирівна Цопа. – Донецьк, 2011. – 38 с.
4. Технологічні схеми відпрацювання газоносних пластів з великими навантаженнями на очисні вибої: СОУ-П 10.1.00185790.014:2009. – Офіц. вид. – К.: Мін-во вугільної пром-сті України, 2010. – 176 с. – (Нормативні документи Мінвуглепрому України).
5. Голенко Д. И. Статистические методы сетевого планирования и управления / Д. И. Голенко. – М.: Наука, 1968. – 400 с.
6. Ротштейн А. П. Интеллектуальные технологии идентификации: нечеткая логика, генетические алгоритмы, нейронные сети / А. П. Ротштейн. – Винница: УНИВЕРСУМ-Винница, 1999. – 320 с.
7. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Т. Саати. – М.: Радио и связь, 1993. – 278 с.