

*А.В. Половян, д.э.н.,
О.Д. Кожушок,
Е.А. Юшков*

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОЦЕССА ПОТОЧНЫХ СКОРОСТНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ БУРЕНИЯ

Синергетическая зависимость между различными технологическими процессами обуславливает дополнительный экономический эффект от стандартных технологических процессов. Растущие темпы добычи на угольных шахтах приводят к высоким объемам выбросов сопутствующих газов, в том числе метана. Поэтому успешное управление газовыделением является важным дополнительным фактором, позволяющим существенно повысить эффективность функционирования шахты. Решение данной задачи возможно с помощью технологических и организационных технологий, разработанных на передовых отечественных предприятиях [1]. Тем не менее их широкое распространение во многом обусловлено экономической эффективностью такого комменсалистического взаимодействия.

Вопросам экономической эффективности управления газовыделением и совершенствования дегазации угольных шахт посвящено множество работ отечественных и зарубежных специалистов [1-5]. Однако проблема остается актуальной из-за сложностей выполнения технологических операций по дегазации и обеспечения контроля ее эффективности.

Целью данной статьи является обоснование экономической эффективности от дегазации шахт путем скоростного бурения скважин с поверхности. Для ее достижения предполагается решение следующих задач:

построение экономико-математической модели процесса скоростного бурения дегазационных скважин с поверхности;

© А.В. Половян,
О.Д. Кожушок,
Е.А. Юшков, 2013

анализ чувствительности полученной модели и определение условий эффективности процесса скоростного бурения дегазационных скважин;

оценка экономической эффективности процесса скоростного бурения дегазационных скважин с поверхности.

При проектировании сложных систем и их подсистем возникают многочисленные задачи, требующие оценки количественных и качественных закономерностей процессов их функционирования, проведения структурного алгоритмического и параметрического синтеза. В связи с этим целесообразным является использование моделирования – научно обоснованного метода оценок характеристик сложных систем, применяемого для принятия решений в различных сферах деятельности [6, с. 5]. Моделирование предполагает замещение одного объекта другим с целью получения информации о важнейших свойствах объекта-оригинала путем проведения экспериментов с его моделью.

Системный подход позволяет решить проблему построения сложной системы с учетом всех факторов и возможностей, пропорциональных их значимости, на всех этапах исследования системы и построения модели. Системный подход означает, что каждая система является интегрированным целым даже тогда, когда она состоит из отдельных разобщенных подсистем. Таким образом, в основе системного подхода лежит рассмотрение системы как интегрированного целого, причем это рассмотрение при разработке начинается с главного – формулирования цели функционирования.

Наибольшее распространение в экономических исследованиях получило имитационное моделирование, которое воспроизводит процесс функционирования системы во времени. При этом имитируются элементарные явления, составляющие процесс с сохранением их логической структуры и последовательности протекания во времени, что позволяет по исходным данным получить сведения о состояниях процесса в определенные моменты времени, дающие возможность оценить характе-

ристики системы. Динамические процессы системы-оригинала подменяются процессами, имитируемыми моделирующим алгоритмом в абстрактной модели, но с соблюдением таких же соотношений длительностей, логических и временных последовательностей, как и в реальной системе [7, с. 18].

Метод имитационного моделирования позволяет решать задачи анализа больших систем, включая задачи оценки вариантов структуры системы, эффективности различных алгоритмов управления системой, влияния изменения различных параметров системы. Имитационное моделирование может быть положено также в основу структурного, алгоритмического и параметрического синтеза больших систем, когда требуется создать систему с заданными характеристиками при определенных ограничениях, которая является оптимальной по некоторым критериям оценки эффективности [6, с. 35].

Основным преимуществом имитационного моделирования по сравнению с аналитическим является возможность решения более сложных задач. Имитационные модели позволяют:

- учитывать значительное число факторов без грубых упрощений и допущений;

- учитывать фактор неопределенности, вызванный случайным характером многих переменных модели;

- определить оптимальность возможных изменений в системе за короткое время, необходимое только для проведения эксперимента;

- провести неограниченное количество экспериментов с разными параметрами, чтобы определить наилучший вариант;

- решать задачи из любых областей: производства, логистики, финансов, здравоохранения и многих других. В каждом случае модель имитирует, воспроизводит реальную систему и позволяет проводить широкий набор экспериментов без влияния на реальные объекты [8, с. 316].

Одним из наиболее распространенных подходов имитационного моделирования на сегодняшний день является системная динамика, представляющая собой совокупность прин-

ципов и методов анализа динамических управляемых систем с обратной связью и их применения для решения производственных, организационных и социально-экономических задач. Системная динамика базируется на представлении моделируемого объекта в качестве динамической системы, состоящей из резервуаров (накопителей), связанных между собой управляемыми потоками. Количественно каждый резервуар описывается уровнем его содержимого, а каждый поток – темпом (скоростью) перемещения. Темпы перемещения вычисляются на основе информации об уровнях содержимого резервуаров. Таким образом, моделируемый объект представляется в виде информационной системы с обратной связью.

В экономических системах резервуары (уровни) являются аналогами различного рода материальных накопителей (запасы сырья, объемы произведенной продукции, размеры фондов, полученная прибыль, число работающих, количество оборудования и т.д.). Уровни представляют собой величины, непрерывные по диапазону своих значений и дискретные во времени. Они определяются как переменные состояния системы, значения которых формируются за счет накопления разностей между входящими и выходящими потоками. Потоки являются аналогами процессов преобразования накоплений в системе. Данные переменные позволяют перемещать содержимое уровней и отражают материальные или информационные процессы. Их темп изменения определяется управленческими решениями, которые формируются на основании информации о состоянии уровней. Функции решений, представляющие собой уравнения темпов, являются формализованными правилами выбора текущих значений темпов потоков. Поэтому подобные модели потокового типа относят к динамическим моделям с обратными связями. Поскольку реальные системы обладают инерционностью, в их структуре имеются элементы, определяющие запаздывания передачи изменения по контуру обратной связи. Основной отличительной чертой системной динамики является то, что в каждой модели время как дискретная переменная.

Модель системной динамики в математическом смысле представляет собой систему конечно-разностных уравнений, решаемую на основе численного алгоритма интегрирования по схеме Эйлера или Рунге-Кутты с заданными начальными значениями уровней.

Основные принципы системной динамики [9]:

поведение системы является следствием проявления ее структуры и взаимодействия элементов;

структура системы и характер взаимосвязей между элементами системы, определяющие ее поведение, более значимы для понимания поведения системы, чем количественные оценки;

причиной изменений являются состояние и структура системы;

проблемы возникают внутри системы, а не за ее границами;

определяющее значение в поведении системы имеет взаимодействие контуров обратной связи в ее структуре;

уровни и темпы являются необходимыми и достаточными переменными для описания любой динамической системы;

при построении системно-динамических моделей следует опираться на принцип «непосредственной верификации», или валидности;

при исследовании системы необходимо акцентировать внимание на анализе действенности политик, а не на получении точных количественных оценок.

Основными преимуществами системно-динамического моделирования являются:

возможность быстро просчитывать различные варианты развития событий (моделировать сценарии);

выявление наиболее критических факторов, влияющих на поведение системы, что позволяет ранжировать по степени важности угрозы и возможности, появляющиеся в моделируемой среде;

использование значительного количества причинно-следственных связей между элементами имитационной модели, которые объективно существуют в моделируемой среде;

наглядность вводимых данных и получаемых результатов.

Системная динамика изначально подчеркивает наличие многих петель, многих состояний, нелинейность систем петель обратных связей. Решения одного агента формируют только одну из многих петель обратной связи, действующих в системе. Эти петли включают реакцию на действия лиц, принимающих решения, как предвиденным, так и непредвиденным образом. Петли связи могут быть положительными и отрицательными, содержать множество переменных состояния и нелинейностей. Множество вариантов петель связей обуславливает ряд архетипов систем.

Динамическая сложность систем обусловлена следующими причинами:

изменения в системах происходят в разных масштабах времени, которые могут пересекаться;

субъекты в системе тесно взаимодействуют друг с другом и с окружающей средой;

принимаемые решения изменяют состояние системы, инициируя действия других. Это порождает новую ситуацию, которая затем влияет на новые решения. Динамика порождается обратными связями;

эффект не всегда пропорционален причине. Изменение состояния отдельных элементов системы часто не касается отдаленных от нее элементов (других состояний). Нелинейность проявляется как результат взаимодействия нескольких факторов при принятии решения;

динамика систем проявляется стохастически через внутреннюю структуру. Поэтому небольшие, случайные возмущения усиливаются и в структурах обратной связи, генерируя модели поведения в пространстве и времени и создавая зависимость от выбранного пути развития;

способности и решающие правила агентов сложных систем меняются со временем. Эволюция приводит к отбору и росту одних агентов и исчезновению других. Адаптация происходит также по мере обучения и нахождения новых путей достижения целей в разных обстоятельствах;

в сложных системах причина и следствие разнесены во времени и пространстве;

задержки в каналах обратной связи означают, что реакция системы на вмешательство в долгосрочной перспективе часто отличается от краткосрочной реакции.

Временные лаги приводят к нестабильности динамических систем. Включение временных задержек в отрицательные петли обратной связи повышает тенденцию к осцилляции. Между принятием решения и изменением состояния системы всегда проходит время. В результате лицо, принимающее решение, продолжает вмешательство для корректировки кажущихся расхождений между желаемым и действительным состояниями даже после того, как достаточное корректирующее воздействие уже было произведено, чтобы привести систему в равновесие.

Проведенный анализ основных подходов к моделированию позволяет сделать вывод о том, что для описания экономической составляющей процесса бурения дегазационных скважин целесообразно использовать метод системной динамики. Это обусловлено тем, что, во-первых, ряд факторов процесса производства (например, основные фонды, оборотные средства и пр.) представляют собой непрерывно изменяющиеся величины. Такие переменные должны моделироваться с использованием уровней. При этом другие факторы определяют скорость изменения данных уровней. Во-вторых, предприятие представляет собой сложную экономическую систему, функционирование которой исследуется с помощью системного подхода. Количественная реализация последнего представлена системно-динамическим моделированием.

Диаграмма причинно-следственных связей для процесса бурения дегазационных скважин приведена на рис. 1.

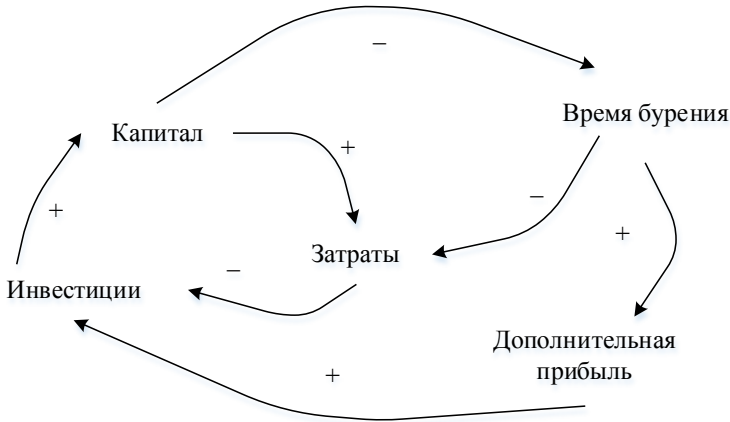


Рис. 1. Когнитивная знаковая модель бурения дегазационных скважин

Согласно рис. 1 увеличение капитала ведет к росту скважин, которые бурятся для дегазационных целей. В свою очередь дегазационные мероприятия обуславливают увеличение добычи угля, что позволяет осуществлять дополнительные инвестиции в поддержание и наращивание капитала предприятия. Поскольку все связи имеют положительную величину, то данный архетип поведения относится к усиливающей петле связи. При этом увеличение капитала обуславливает рост затрат предприятия, что негативно сказывается на его инвестиционной привлекательности. Таким образом, имеет место негативная петля усиливающей связи.

Изменение среднегодовой стоимости основных производственных фондов предприятия определяется следующим образом:

$$O\Phi_t = O\Phi_0 + \int_0^t O dt - \int_0^t A dt ,$$

где $O\Phi_t$ – средняя стоимость основных фондов за период t , млн грн;

O – обновление основных фондов, млн грн;

A – сумма амортизационных платежей, млн грн;

T – продолжительность периода моделирования.

Обновление основных фондов и амортизационные отчисления определяются на основе данных об объемах инвестиционных ресурсов, которые зависят от прибыли предприятия, стоимости основных фондов и средней нормы амортизации:

$$O_t = f^{FO}(Inv_t),$$

$$A_t = f^{FA}(O\Phi_t, n).$$

В свою очередь, прирост оборотных средств предприятия задается как разница между потребностью в оборотных средствах ($ОбСА_{пл,t}$) и значением оборотных средств в прошлом периоде ($Обс_{t-1}$):

$$ПрОбСА = ОбСА_{пл,t} - Обс_{t-1}.$$

При этом потребность в оборотных средствах является функцией от среднегодовой стоимости основных фондов:

$$ОбСА_{пл,t} = f^{OC}(O\Phi_t).$$

Исходя из методологии системной динамики средняя стоимость оборотных средств определяется следующим образом:

$$ОбC_t = ОбC_0 + \int_0^T ПрОбСА dt.$$

Сумма оборотных средств и среднегодовой стоимости основных фондов определяет среднюю величину капитала предприятия за период:

$$K = ОбC_t + O\Phi_t.$$

Капитал предприятия определяет потребность в труде и время бурения одной скважины. Потребность в труде задается функцией:

$$ЧППП_t^s = f^s(O\Phi_t).$$

Потребность в труде и значение величины промышленно-производственного персонала в прошлом периоде определяет прирост численности работников:

$$ПЧППП_t = f^P(ЧППП_t^s, ЧППП_{t-1}).$$

Таким образом, средняя численность персонала предприятия определяется следующим образом:

$$ЧППП_t = ЧППП_0 + \int_0^T ПЧППП dt.$$

Численность персонала предприятия является основой для определения затрат, связанных с оплатой труда:

$$ФОТ_t = f^w(ЧППП_t).$$

Оплата труда работников предприятия и материальные затраты определяет величину переменных затрат на бурение:

$$VC_t = f^{vc}(ФОТ_t, МЗ_t).$$

Материальные затраты предприятия являются функцией от количества пробуренных скважин (Q_t):

$$МЗ_t = f^{m3}(Q_t).$$

Постоянные затраты на бурение задаются величиной амортизационных отчислений предприятия:

$$CC_t = f^{cc}(A_t).$$

Как отмечено ранее, время бурения одной скважины определяется размером капитала предприятия:

$$ТВ_t = f^{tb}(K_t).$$

Данная функция представлена логистической кривой, которая для данного процесса имеет вид:

$$ТВ_t = \frac{M}{1 + e^{\frac{-2\pi(K_t - C)}{S}}},$$

где e, π – константы, которые равны 2,17 и 3,14 соответственно;

M, C, S – константы, определяющие угол наклона, верхнюю и нижнюю асимптоты.

Плановая потребность в скважинах определяется следующим образом:

$$Q_t^{pl} = \frac{R_t}{r},$$

где R_t – расстояние, которое необходимо «пройти» за год;

r – расстояние между скважинами.

При этом годовое расстояние (R) определяется произведением количества рабочих дней в году (T) и средней скоростью продвижения всех лав в день.

Время бурения одной скважины и плановая потребность в скважинах являются основой для определения количества скважин, пробуренных в отчетном периоде:

$$Q_t = \begin{cases} Q_t^{pl}, & \frac{T}{TB_t} \leq Q_t^{pl} \\ \frac{T}{TB_t}, & \frac{T}{TB_t} > Q_t^{pl} \end{cases}.$$

Величина постоянных и переменных затрат, а также время бурения одной скважины определяют общие затраты по бурению:

$$TC_t = f^{tc}(VC_t, CC_t, TB_t).$$

Величина дополнительной добычи угля определяется количеством пробуренных скважин:

$$V_t = f^v(Q_t).$$

В стоимостном выражении величина дополнительной добычи зависит от цены на 1 т концентрата:

$$VV_t = P_t V_t,$$

где P_t – цена 1 т концентрата в отчетном периоде.

Дополнительная прибыль шахты определяется в виде следующей функции:

$$P_t^r = f^{pr}(VV_t, uc, TC_t).$$

Полученная модель, а также функции, определяющие зависимости между затратами факторов и результатами производства, полученные ранее, позволяют определить условия эффективности процесса бурения. Кроме того, она дает возможность оценить основные зависимости между ключевыми параметрами экономической модели процесса бурения, а также является основой для расчета экономической эффективности данного процесса в рамках развития Донецкой области.

Для настройки имитационной модели¹ использованы данные ПАО "Ш/у "Покровское" и ПрАО "Донецксталь". Инициация модели требует определения значения экзогенных констант. В качестве последнего выступают переменные² затраты ПАО "Ш/у "Покровское". Для разделения операционных затрат на постоянные и переменные следует воспользоваться регрессионным анализом. Драйвером операционных затрат выступает объем добычи угля. На рис. 2 представлена полученная зависимость, согласно которой переменные затраты в 2012 г. в среднем составили 353 грн на 1 т концентрата.

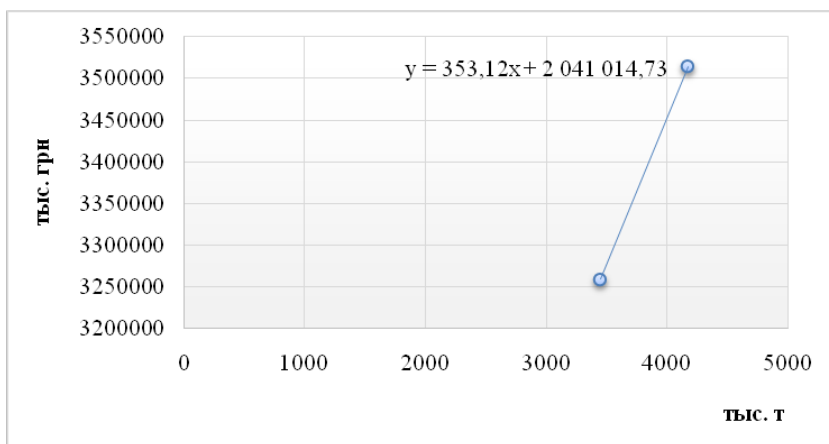


Рис. 2. Зависимость между объемом добычи концентрата и операционными затратами ПАО "Ш/у "Покровское"

¹ Реализация данной модели осуществлялась в программной среде PowerSim.

² Разделение затрат на постоянные и переменные связано с тем, что увеличение добычи, обусловленное сокращением времени простоя из-за уменьшения времени дегазационных мероприятий, не влечет роста административных и прочих расходов, относящихся к постоянным и не зависящих от объема добытого угля. При этом рост материальных расходов, затрат на оплату труда и прочих расходов, которые относятся к переменным затратам, связан с увеличением добычи угля.

Следующий ключевой экзогенный показатель – рост добычи шахты, приходящийся на одну скважину для дегазации. Полученное регрессионное уравнение позволяет утверждать, что каждая пробуренная скважина для дегазации позволяет дополнительно увеличить добычу в среднем на 26 тыс. т.

После задания исходных значений для основных уровней разработанной системно-динамической модели экономической составляющей процесса бурения скважин для дегазации (среднегодовое значение основных производственных фондов, оборотных средств, численности промышленного персонала), а также оценки параметров соответствующих зависимостей были получены результаты, приведенные в табл. 1.

Таблица 1

Результаты прогона имитационной модели экономического процесса бурения дегазационных скважин для ПАО "Ш/у "Покровское"

Номер итерации	Общие затраты (по бурению), млн грн	Дополнительная добыча шахты в стоимостном выражении (за счет бурения), млн грн	Дополнительная прибыль шахты за счет бурения, млн грн	Время бурения одной скважины, дней	Количество пробуренных скважин, ед..	Капитал, млн грн
1	33,9	302,5	171,6	10	19	117,7
2	31,2	330,0	201,7	8	22	120,5
3	31,3	330,0	201,6	8	22	120,5
4	31,3	330,0	201,6	8	22	120,5
5	31,3	330,0	201,6	8	22	120,6
6	31,3	330,0	201,6	8	22	120,6
7	31,3	330,0	201,6	8	22	120,6
8	31,3	330,0	201,6	8	22	120,7
9	31,3	330,0	201,6	8	22	120,7
10	31,3	330,0	201,6	8	22	120,7
11	31,3	330,0	201,6	8	22	120,8
12	31,3	330,0	201,6	8	22	120,8

Исходя из приведенных в табл. 1 значений можно утверждать, что полученная имитационная модель экономического процесса бурения имеет высокую степень достоверности. Так, коэффициент детерминации равен 0,97, то есть полученная модель на 97 % описывает дисперсию ключевых переменных моделей, а остальные 3 % приходятся на неучтенные в модели факторы.

Следовательно, полученная модель позволяет утверждать, что при средней добыче по пластам, где производится дегазация с поверхности, в 14 тыс. т в день (среднее количество скважин для дегазации – 22 ед.), продолжительности бурения одной скважины в 8 дней, расходах на бурение в размере 31 млн грн прирост прибыли шахты за счет ускорения процесса дегазации составит в среднем 200 млн грн.

Задача оценки рисков состоит в анализе чувствительности результирующего показателя к изменениям в допущениях функционирования модели, а также определении, какие именно допущения оказывают наибольшее влияние на модель.

Одной из наиболее важных результирующих переменных построенной имитационной модели процесса является прибыль от развития шахты с помощью скважин, пробуренных с поверхности. Целью анализа является поиск (при заданном уровне достоверности) условий достижения высокой прибыли шахты от увеличения добычи угля. Варьируемыми показателями при анализе чувствительности проекта являются:

цена 1 т угля (заданный уровень 1,2 тыс. грн; стандартное отклонение – 0,24);

суммарная суточная добыча по всем лавам (заданный уровень – 9 тыс. т; стандартное отклонение – 1,8).

Основные фонды выступают величиной, на которую можно непосредственно влиять. Ключевая идея экспериментов состоит в том, что с помощью многократного случайного изменения варьируемых показателей при задаваемом значении среднегодовой стоимости основных фондов определяется вероятность получения прибыли. Следовательно, в результате проведения серии экспериментов будут оценены вероятности по-

лучения прибыли при различных значениях изменяемых переменных.

Предполагается, что процесс бурения дегазационных скважин с поверхности может осуществляться с помощью поточной технологии скоростного бурения, разработанной в ПрАО "Донецксталь" и ПАО "Ш/у "Покровское". Эта технология представлена в модели среднегодовой стоимостью установки, применяемой для бурения, и уровнем эксплуатационных расходов на сооружение одной скважины. Использование других технологий может потребовать либо применения менее функционального (а значит, и более дешевого) оборудования, либо более дорогостоящего оборудования. В первом случае существует риск увеличения времени бурения одной скважины, тогда как во втором – рост первоначальных инвестиционных, а также последующих эксплуатационных издержек. Исходя из этого серия экспериментов примет следующий вид:

1) применение поточной технологии скоростного бурения, разработанной в ПрАО "Донецксталь" и ПАО "Ш/у "Покровское", обеспечивающей бурение скважины в среднем за 8 дней;

2) применение более дорогостоящего оборудования, обеспечивающего бурение скважины в среднем за 8 дней;

3) применение менее дорогостоящего оборудования, обеспечивающего бурение скважины в среднем больше чем 8 дней.

Различные варианты экспериментов, которые соответствуют используемым варьируемым показателям, приведены в табл. 2.

Эксперимент 1. Стоимость основных фондов буровой установки отражает используемую технологию в ПАО "Ш/у "Покровское". В качестве варьируемой величины¹ использует-

¹ Использование цены 1 т концентрата в качестве варьируемой величины предполагает, что значение данного параметра в ходе экспериментов может случайным образом меняться при среднем значении в 1,2 и стандартным отклонением – 0,24.

Таблица 2

Значения варьируемых показателей в проводимой серии экспериментов

Номер эксперимента	Среднегодовая стоимость буровой установки	Цена 1 т концентрата	Суммарная суточная добыча по всем лавам
1	Аналогично ПАО "Ш/у "Покровское"	+	–
2	Дороже, чем в ПАО "Ш/у "Покровское"	+	–
3	Дешевле, чем в ПАО " Ш/у "Покровское"	+	–
4	Аналогично ПАО " Ш/у "Покровское"	–	+
5	Дороже, чем в ПАО " Ш/у "Покровское"	–	+
6	Дешевле, чем в ПАО " Ш/у "Покровское"	–	+
7	Аналогично ПАО " Ш/у "Покровское"	+	+
8	Дороже, чем в ПАО " Ш/у "Покровское"	+	+
9	Дешевле, чем в ПАО " Ш/у "Покровское"	+	+

сы цена 1 т концентрата. Как видно из рис. 3, вероятность получения прибыли менее 112 тыс. грн составляет 10%. При этом верхний порог вероятностного распределения составляет более 280 тыс. грн. При заданном уровне основных фондов прибыль шахты от бурения с 67,5% вероятностью составит более 171 тыс. грн. Среднегодовой уровень прибыли шахты от применения технологии бурения дегазационных скважин с поверхности составляет более 201 тыс. грн.

Эксперимент 2. Применение более дорогостоящего оборудования для обеспечения продолжительности бурения в 8 дней. В качестве допущения используется цена 1 т концентрата.

В случае увеличения стоимости основных фондов нижняя граница распределения для прибыли опускается до 91 тыс. грн, верхняя – до 260 тыс. грн. Среднегодовой уровень прибыли шахты при этом составляет более 181 тыс. грн. Вероятность получения прибыли в размере 171 тыс. грн равняется 55%.

Эксперимент 3. Применение существующих в Украине технологий бурения дегазационных скважин, отличных от применяемой в ПАО "Ш/у "Покровское". В качестве допущения используется цена 1 т концентрата.

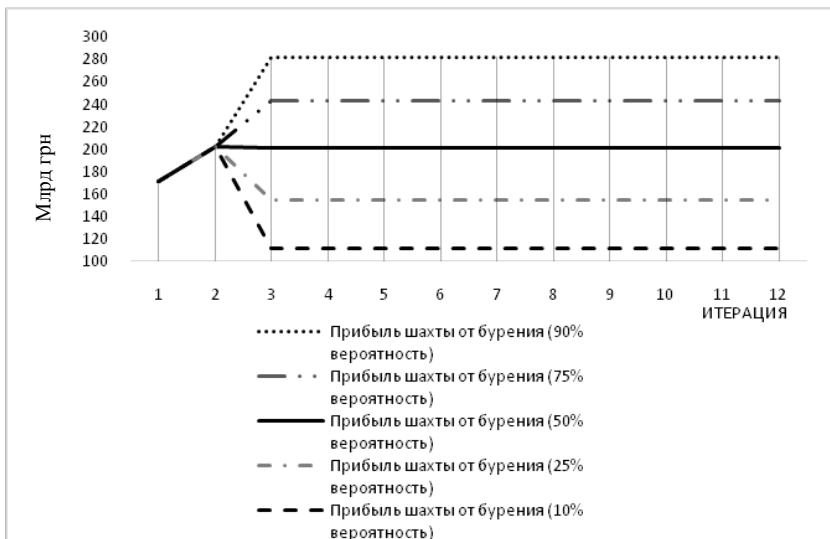


Рис. 3. Результаты эксперимента №1

Как отмечено выше, данный эксперимент предполагает, что шахтой применяется несколько буровых установок, стоимость которых меньше, чем стоимость установки, применяемой в ПАО "Ш/у "Покровское". При сокращении среднегодовой стоимости основных фондов границы вероятностного распределения прибыли шахты от бурения составляют от 2 до 50 тыс. грн. Средний уровень прибыли шахты составляет 27 тыс. грн. Вероятность получения прибыли в размере 171 тыс. грн. равняется 0%.

Эксперимент 4. Стоимость основных фондов буровой установки отражает используемую технологию в ПАО "Ш/у "Покровское". В качестве допущения используется скорость лав в день.

В данном случае границы распределения для прибыли находятся в диапазоне от 123 до 201 тыс. грн. Среднегодовой уровень прибыли шахты при этом составляет более 177 тыс. грн. Вероятность получения прибыли в размере 171 тыс. грн равняется 67,5%.

Эксперимент 5. Применение более дорогостоящего оборудования для обеспечения продолжительности бурения в 8 дней. В качестве допущения используется скорость лав в день.

Согласно рис. 3 нижняя граница распределения для прибыли составляет 126 тыс. грн, верхняя – 181 тыс. грн. Среднегодовой уровень прибыли шахты при этом превышает 158 тыс. грн. Вероятность получения прибыли в размере 171 тыс. грн равняется 32,5%.

Эксперимент 6. Применение существующих в Украине технологий бурения дегазационных скважин, отличных от применяемой в ПАО "Ш/у "Покровское". В качестве допущения используется скорость лав в день.

По результатам эксперимента видно, что прибыль шахты варьируется от 26 до 175 тыс. грн. Ее среднегодовой уровень составляет более 27 тыс. грн. При этом вероятность получения прибыли в размере 171 тыс. грн равняется 0%.

Эксперимент 7. Стоимость основных фондов буровой установки отражает используемую технологию в ПАО "Ш/у "Покровское". В качестве допущений используются цена 1 т концентрата и скорость лав в день.

Таким образом, при заданных допущениях границы распределения для прибыли составляют от 101 до 275 тыс. грн. Среднегодовой уровень прибыли шахты превышает 177 тыс. грн. Вероятность получения прибыли в размере 171 тыс. грн равняется 50%.

Эксперимент 8. Применение более дорогостоящего оборудования для обеспечения продолжительности бурения в 8 дней. В качестве допущений используются цена 1 т концентрата и скорость лав в день.

В данном случае границы распределения для прибыли находятся в диапазоне от 81 до 255 тыс. грн. Среднегодовой уровень прибыли шахты при этом составляет более 158 тыс. грн. Вероятность получения прибыли в размере 171 тыс. грн равняется 37,5%.

Эксперимент 9. Применение существующих в Украине технологий бурения дегазационных скважин, отличных от при-

меняемой в ПАО "Ш/у "Покровское". В качестве допущений используются цена 1 т концентрата и скорость лав в день.

Как видно из рис. 3, нижняя граница распределения для прибыли шахты составляет 2 тыс. грн, верхняя – 50 тыс. грн. Среднегодовая прибыль шахты находится на уровне 27 тыс. грн. Вероятность получения прибыли в размере 171 тыс. грн равняется 0%.

Таким образом, из проведенных экспериментов можно сделать вывод о том, что наиболее целесообразно решение – оставить значение основных фондов на уровне, характерном для технологии, предложенной в ПрАО "Донецксталь". Именно этот вариант обеспечивает наибольшую вероятность получения высокой прибыли. Это подтверждает экономическую эффективность разработанной в ПрАО "Донецксталь" и ПАО "Ш/у "Покровское" поточной технологии скоростного бурения дегазационных скважин с поверхности.

Литература

1. Амоша А.И. От промышленного предприятия к промышленному парку: смена парадигмы на примере ш/у «Покровское» / А.И. Амоша, О.Д. Кожушок, В.В. Радченко и др. // *Економіка промисловості*. – 2013. – № 1-2 (61-62). – С. 13-17.

2. Кожушок О.Д. Эффективность использования бурового оборудования при сооружении дегазационных скважин / О.Д. Кожушок, С.А. Зинченко, В.Л. Шевелев, М.Г. Черман // *Уголь Украины*. – 2013. – № 6. – С. 7-10.

3. Турчин В.А. Внедрение методов скоростного бурения дегазационных скважин / В.А. Турчин, Е.Н. Халимендигов, В.Л. Шевелев, В.И. Пилипец // *Уголь Украины*. – 2013. – № 7. – С. 20-22.

4. Сластунов С.В. Заблаговременная дегазация и добыча метана из угольных месторождений / С.В. Сластунов. – М.: Изд-во МГГУ, 1996. – 441 с.

5. Пучков Л.А. Перспективы промышленного извлечения угольного метана / Л.А. Пучков, С.В. Сластунов, Г.М. Презент // *Горный информационно-аналитический бюллетень*. – М.: Изд-во МГГУ. – 2002. – № 6. – С. 6-10.

6. Советов Б.Я. Моделирование систем: учеб. для вузов / Б.Я. Советов, С.А. Яковлев. – М.: Высш. шк., 2001. – 343 с.

7. Номоконова Н.Н. Особенности моделирования устройств управления электронных схем: препринт / Н.Н. Номоконова, В.Ю. Гаврилов, В.В. Савельев; под науч. ред. канд. техн. наук, доц. Н.Н. Номоконовой. – Владивосток: ВГУЭС, 1998. – 26 с.

8. Власов М.П. Моделирование экономических процессов / М.П. Власов, П.Д. Шимко. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2005. – 409 с.

9. Forrester J.W. Industrial Dynamics / J.W. Forrester. – Massachusetts Institute of Technology Press, 1961. – 464 p.

Представлена в редакцию 22.11.2013 г.