

DOI: 10.26730/1999-4125-2020-4-60-67

УДК 622.271.3

**УПРАВЛЕНИЕ ДЛИТЕЛЬНОСТЬЮ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ЦИКЛА
ПРЕДПРИЯТИЯ ОТКРЫТОЙ УГЛЕДОБЫЧИ****MANAGING THE DURATION OF THE OPEN-PIT COAL MINE
PROCESS CYCLE**

Михальченко Вадим Владимирович¹,
доктор эконом. наук, профессор, e-mail: v.mikhalchenko@mail.ru
Vadim V. Mikhalchenko¹, Dr. Sc. in Economics, Professor,
Рубаник Юрий Тимофеевич²,
доктор техн. наук, e-mail yuri.rubanik@mail.ru
Yuri T. Rubanik², Dr. Sc. in Engineering,

¹ Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 650000,
Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28

¹ T. F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, 28, Vesennyaya St., Kemerovo, 650000,
Russian Federation

²Центр новых технологий управления (ЦНТУ), г. Москва, 1246176, п/я 348

²Center for Contemporary Management Techniques, Moscow, 124617, PO box 348

Аннотация:

Использование ресурсосберегающих технологий и современных методов организации и управления производством является необходимым условием обеспечения высокой эффективности и жизнеспособности предприятий угледобывающей отрасли в условиях острой конкурентной борьбы за свое будущее на мировом и внутреннем рынках энергоносителей. В работе приводятся результаты моделирования и получены аналитические выражения, связывающие величину ключевой характеристики предприятия открытой угледобычи – длительности технологического цикла – с основными параметрами его производственной системы. Значение данной характеристики определяет возможность и условия перевода производственной системы угледобывающего предприятия из «выталкивающего» во «втягивающий» режим работы. Показано, что при определенном уровне насыщения рабочей зоны карьера горным оборудованием появляется возможность перевода производственной системы в режим работы «синхронизированный» с динамикой рыночного спроса, что обеспечивает повышение эффективности функционирования предприятий.

Ключевые слова: угледобывающее предприятие, синхронизация с рыночным спросом, бережливое производство, длительность технологического цикла, непроизводительные потери.

Abstract:

The use of resource-saving technologies and modern organization methods is a necessary condition to ensure efficiency and viability of coal mining in the conditions of competitiveness at the international and domestic energy markets. The paper presents the results of modeling and analytical expressions that relate the value of the key characteristic of an open pit coal mining enterprise—the duration of the technological cycle, with the main parameters of its production system. The value of this characteristic determines the possibility and conditions for transferring the production system of a coal mining enterprise from "push" to "pull" mode of operation. It is shown that at a certain level of saturation of the working area of the quarry with mining equipment, there is a possibility of transferring the production system to the mode of operation synchronized with the dynamics of the market demand, that ensures an increase in the efficiency of enterprise.

Key words: Coal mining enterprises, market demand synchronization, lean production, duration of the technological cycle, unproductive losses

В современных экономических условиях принципиально важным фактором, определяющим особенности построения и эксплуатации производственных систем, является изменчивость и неполная предсказуемость рыночного спроса. Этот фундаментальный фактор рыночной экономики предопределяет возникновение проблемы рациональной организации движения материальных потоков и согласованности (синхронизации) режима функционирования производственных систем с динамикой рыночного спроса, успешное решение которой обеспечивает существенное повышение эффективности хозяйственной деятельности субъектов экономики [1].

До последнего времени большинство традиционно реализуемых производственных систем (в частности, в угледобывающей отрасли) принадлежит к системам «выталкивающего» типа. Логика функционирования систем данного типа определяется требованием максимально полного использования дорогостоящих основных фондов. В основе данного подхода лежит кажущийся очевидным факт, что перенос капитала, инвестированного в основные фонды, возможен только тогда, когда эти фонды работают. В соответствии с этим система организации и управления производством, методы текущего и оперативного планирования, система организационных политик (включая системы оплаты труда) ориентируют руководителей и работников предприятия на максимально полную загрузку фондов. В результате инициация очередного цикла производственного процесса, по сути дела, осуществляется первой операцией в технологической цепи, реализуемой дорогостоящим оборудованием. Как только оно выполнило предыдущий объем работ, в производство запускается очередная порция «обрабатываемого материала». Все остальные технологические операции вынуждены проталкивать загруженный в систему обрабатываемый материал к выходу из системы, откуда и термин – «выталкивающее» производство. В итоге, если система работает в условиях значимого уровня варибельности спроса, что характерно, например, для предприятий угледобывающей отрасли, указанная организация работ будет приводить к тому, что появление продукции на выходе производственно-технологической системы окажется несогласованным с объемами ее реализации. Результат – в производственной системе периодически возрастает уровень незавершенного производства и запаса готовой продукции на складе, это приводит к существенному связыванию оборотного капитала и, как следствие, к возникновению значимых экономических потерь и рисков [2, 3, 4].

Несмотря на то, что угледобывающая отрасль

уже более четверти века функционирует в условиях рыночной экономики, ее угледобывающие предприятия продолжают работать в режиме «выталкивающего» производства. Так, в частности, анализ показателей производства и реализации угля крупного угледобывающего предприятия Кузбасса ОАО «Угольная компания Кузбассразрезуголь» за последние 30 лет (т.е. за весь период работы в условиях рыночной экономики) обнаруживает существенное ежегодное расхождение в выполнении указанных объемов [2].

Наиболее остро данная проблема проявилась в дни написания данной статьи. Падение спроса и цен на уголь на мировом и внутреннем рынках энергоносителей, имевших место в 2019-2020 гг., актуализировало рассматриваемую проблему. На складах готовой продукции угледобывающих предприятий Кузбасса по данным на 1 января 2020 г. скопилось 23,6 млн тонн нереализованной продукции. Как следствие, угледобывающие предприятия Кемеровской области – Кузбасса в январе 2020 г. были вынуждены сократить добычу угля на 10,9% по сравнению с показателем января 2019 г. [5]. При этом данная мера не стала итогом продуманной и научно обоснованной маркетинговой политики, согласованной с горнотехническими возможностями угледобывающих предприятий, а явилась следствием неуправляемого развития событий. В результате значительное число угледобывающих предприятий Кузбасса оказалось в сложной экономической ситуации.

Вместе с тем мировая практика и опыт работы предприятий в условиях нестабильной и изменчивой бизнес-среды показали, что даже в указанных условиях можно обеспечить устойчивое и эффективное функционирование бизнеса.

Известный теоретик в области корпоративной стратегии Кеничи Омае так характеризует это свойство экономических систем: «...единственный надежный способ обеспечить конкурентоспособность в среде с высокой степенью изменчивости – сделать эту изменчивость образом жизни» [6].

Это означает, что с точки зрения рассматриваемой проблемы для обеспечения устойчивого функционирования угледобывающих предприятий в условиях изменчивой и неопределенной рыночной среды необходимо осуществить реорганизацию производственных систем этих предприятий с целью придания им способности подстраиваться под эти изменения, т.е. придать им свойства адаптивности.

Как показывает мировой опыт, наиболее значимые результаты указанных преобразований могут быть достигнуты в том случае, если в их основу будет положена концепция «Бережливого производства» [7, 8, 9, 10, 11]. Одним из важных моментов этого процесса является этап перевода

производственных систем из режима работы «выталкивающего» (PUSH) типа, реализуемого в настоящее время практически на всех угледобывающих предприятиях России, в режим работы «втягивающего» (PULL) типа. Указанная реорганизация и перевод производственных систем угледобычи в «синхронный» режим означает, что предприятие изменяет частоту выпуска производственных партий угля в соответствии с изменяющейся во времени интенсивностью спроса. В результате угледобывающие предприятия реализуют ресурсосберегающий режим ведения горных работ с минимальным опережением вскрышных работ и минимальными объемами подготовленного и готового к выемке угля, что существенно снижает производственные издержки, «консервацию» в работах «будущих периодов» значительного объема оборотных средств и, как следствие, экономические риски [4, 12].

Для реализации указанного режима работы необходимо уметь управлять совокупностью горнотехнических факторов, определяющих продолжительность технологического цикла, поскольку последний является важнейшим параметром, определяющим и характеризующим динамические свойства производственно-технологической системы угледобывающего предприятия. В этой связи выявление характера зависимости данного показателя от параметров производственно-технологической системы является весьма актуальной теоретической задачей и представляет весьма значимый практический интерес.

Для выявления характера данных связей рассмотрим баланс затрат времени ведущей группы оборудования при реализации одного технологического цикла. Под ведущей группой понимается оборудование, определяющее производительность всей технологической цепочки. В практике открытой добычи угля это обычно оборудование, задействованное на выемочно-транспортных работах.

В рамках предлагаемого рассмотрения анализ выполнен для предприятия открытой угледобычи, реализующего наиболее распространенную в настоящее время на разрезах страны углубочную продольную систему разработки.

Для полных затрат времени ведущей группы оборудования в рамках технологического цикла t_{Σ} можно записать:

$$t_{\Sigma} = t_{\text{вм}} + \Delta t_{\text{пер}} + \Delta t_{\text{взр}}. \quad (1)$$

В данном выражении $t_{\text{вм}}$ есть время ведущей группы оборудования, затрачиваемое на выемочно-транспортные работы в рамках технологического цикла. Величина полных затрат времени ведущей группы оборудования также включает время на перегон экскаваторов между уступами $\Delta t_{\text{пер}}$ и продолжительность простоя

оборудования в связи с проведением взрывных работ $\Delta t_{\text{взр}}$.

Суммарные затраты времени ведущей группы оборудования на выполнение выемочно-транспортных работ в рамках технологического цикла равны:

$$t_{\text{вт}} = l_{\Gamma} \cdot \tau_{\text{блок}}, \quad (2)$$

где l_{Γ} – количество горизонтов;

$\tau_{\text{блок}}$ – время выполнения выемочно-погрузочных работ на одном блоке.

В рамках данной работы принято, что работы на уступе реализуются одним

экскаватором. Поэтому для времени $\tau_{\text{блок}}$ можно записать:

$$\tau_{\text{блок}} = \frac{V_0}{Q_0}, \quad (3)$$

где V_0 – объем работ на горизонте;

Q_0 – производительность выемочно-транспортного комплекса.

В реальных условиях при производстве открытых горных работ суммарные затраты времени ведущей группы оборудования t_{Σ} распределяется между несколькими выемочно-транспортными технологическими комплексами. В результате длительность технологического цикла сокращается. В рассматриваемом случае адекватной аналитической аппроксимацией является обратно пропорциональная зависимость длительности технологического цикла с изменением числа технологических комплексов n_k :

$$\tau_{\text{цикл-вм}} \approx \frac{t_{\text{вм}}}{n_k}. \quad (4)$$

Соотношение (4) дает заниженную оценку длительности технологического цикла, поскольку не учитывает потери времени, связанные с производством взрывных работ и перегонами экскаваторов между уступами.

Для суммарных потерь времени ведущей группы оборудования, связанных с проведением взрывных работ, можно записать:

$$\Delta t_{\text{взр}} \approx l_{\Sigma} \cdot t_{\text{взрыв}}, \quad (5)$$

где $t_{\text{взрыв}}$ – потери рабочего времени ведущей группы оборудования на одном уступе в связи с проведением взрывных работ.

Выемочно-транспортные работы на горизонте могут останавливаться в связи с проведением взрывов на других горизонтах, где выполняются горные работы. Число горизонтов, на которых одновременно выполняются выемочно-транспортные работы, равно числу технологических комплексов, тогда для потерь времени на одном уступе имеем:

$$t_{\text{взрыв}} \approx \rho \cdot n_{k2} \cdot \tau_{\text{взр}}, \quad (6)$$

где $\tau_{\text{взр}}$ – продолжительность взрывных работ на одном уступе;

ρ – эмпирический коэффициент,

характеризующий степень влияния взрывов, проводящихся на других горизонтах, на работу оборудования на конкретном горизонте.

Если взрывные работы на любом горизонте приводят к остановке работ на всех горизонтах, тогда $\rho = 1$. Если при проведении взрывов, работы на некоторых из горизонтов не останавливаются, тогда $\rho < 1$. Используя (5) и (6) для потерь времени, связанных с проведением взрывных работ, можно записать аппроксимирующее выражение:

$$\Delta t_{\text{взрыв}} \approx \rho \cdot n_k \cdot l_z \cdot \tau_{\text{взрыв}} \quad (7)$$

Влияние взрывных работ на длительность технологического цикла может быть интерпретировано как увеличение времени работ на каждом горизонте. Положим для упрощения анализа, что потери времени на взрывные работы, определяемые соотношением (7) равномерно распределены между работами на всех горизонтах. Тогда для скорректированной продолжительности выемочно-транспортных работ на одном горизонте можно записать:

$$\tau_{\text{блок}} = \frac{V_0}{Q_0} + \frac{\Delta t_{\text{взрыв}}}{t_r} \quad (8)$$

Соответственно, для составляющей длительности технологического цикла, связанной с проведением горных работ на уступах, имеем:

$$\tau_{\text{цикл-вт}} \approx \frac{t_{\text{вт}}}{n_k} = \frac{V_0 \cdot l_z}{n_k \cdot Q_0} \cdot \left(1 + \frac{\rho \cdot n_k \cdot \tau_{\text{взр}}}{\tau_{\text{блок}}}\right) \quad (9)$$

Рассмотрим теперь вклад в длительность технологического цикла времени, связанного с перегонем экскаваторов между уступами. Суммарные затраты времени $t_{\text{пер}}$ при выполнении одного цикла работ равны произведению количества перегонов $N_{\text{пер}}$ на время перегона между уступами $\Delta t_{\text{пму}}$:

$$\Delta t_{\text{пер}} = N_{\text{пер}} \cdot \Delta t_{\text{пму}} \quad (10)$$

Количество перегонов пропорционально разнице числа горизонтов и числа экскаваторов, так как эта разница определяет число уступов, ожидающих выполнения работ на очередном блоке:

$$N_{\text{пер}} \approx (l_z - n_k) \quad (11)$$

Время переброски между уступами $\Delta t_{\text{пму}}$ определяется числом экскаваторов. Так, при одном экскаваторе перегон будет осуществляться только на соседний уступ и более длинные перегоны, очевидно, нецелесообразны. При двух экскаваторах уже будут необходимы переброски и через один уступ, и так далее:

$$\Delta t_{\text{пму}} \sim n_k \quad (12)$$

Используя соотношения (10) – (12), получаем следующее выражение для суммарных потерь времени на перегоны:

$$\Delta t_{\text{пер}} = \tau_{\text{пер0}} \cdot (l_{\text{сop}} - n_k) \cdot n_k, \quad (13)$$

где $\tau_{\text{пер0}}$ – коэффициент, характеризующий затраты времени при перегоне экскаватора между

соседними уступами.

Вклад затрат времени на перегон экскаваторов в длительность технологического цикла будет изменяться в зависимости от соотношения между числом экскаваторов и числом горизонтов. При этом для оценки вклада данной компоненты затрат времени также можно использовать гиперболическую аппроксимацию:

$$\tau_{\text{цикл-пер}} \approx \frac{\Delta t_{\text{пер}}}{n_k} \quad (14)$$

С учетом (9) и (14) для длительности технологического цикла имеем оценку:

$$\tau_{\text{цикл}} \approx \frac{V_0 \cdot l_z}{n_k \cdot Q_0} \cdot \left[1 + \frac{\rho \cdot n_k \cdot \tau_{\text{взр}}}{\tau_{\text{блок}}} + \frac{(l_z - n_k) \cdot n_k \cdot \tau_{\text{пер0}}}{l_z \cdot \tau_{\text{блок}}}\right] \quad (15)$$

На рис. 1 показаны результаты расчета зависимости длительности технологического цикла по соотношению (15) от числа технологических комплексов. Для оценки адекватности полученных аналитических зависимостей, полученные результаты сопоставлялись с данными компьютерных имитационных экспериментов. Как следует из приведенных данных, аналитическая модель достаточно хорошо описывает характер зависимости длительности технологического цикла от параметров рабочей зоны карьера и количества выемочно-транспортных комплексов.

С точки зрения цели данной работы полученные количественные оценки позволяют утверждать, что, изменяя уровень насыщения рабочей зоны карьера оборудованием, можно управлять длительностью технологического цикла и тем самым обеспечить возможность синхронной работы предприятия открытой угледобычи с рынком энергоресурсов, вариабельность спроса на котором изменяется в широких пределах.

При высоком уровне насыщения рабочей зоны оборудованием (в рассматриваемом случае $n_k > 5$) длительность технологического цикла угледобывающего предприятия может быть уменьшена до значений порядка 2-3 недель. В соответствии с данными работы [12] горизонт надежного прогнозирования спроса на рынке энергетических углей, выполненный на основе ретроспективного анализа данных за продолжительный период времени, составляет порядка 3-4 недель. Очевидно, что при указанном соотношении длительности технологического цикла и горизонта прогнозирования спроса может быть обеспечен переход угледобывающего предприятия в режим синхронизации интенсивности добычи с динамикой рыночного спроса. В этом режиме, как уже отмечалось выше, будет исключено значимое связывание капитала в заделах по фронту горных работ и готовой продукции на складе.

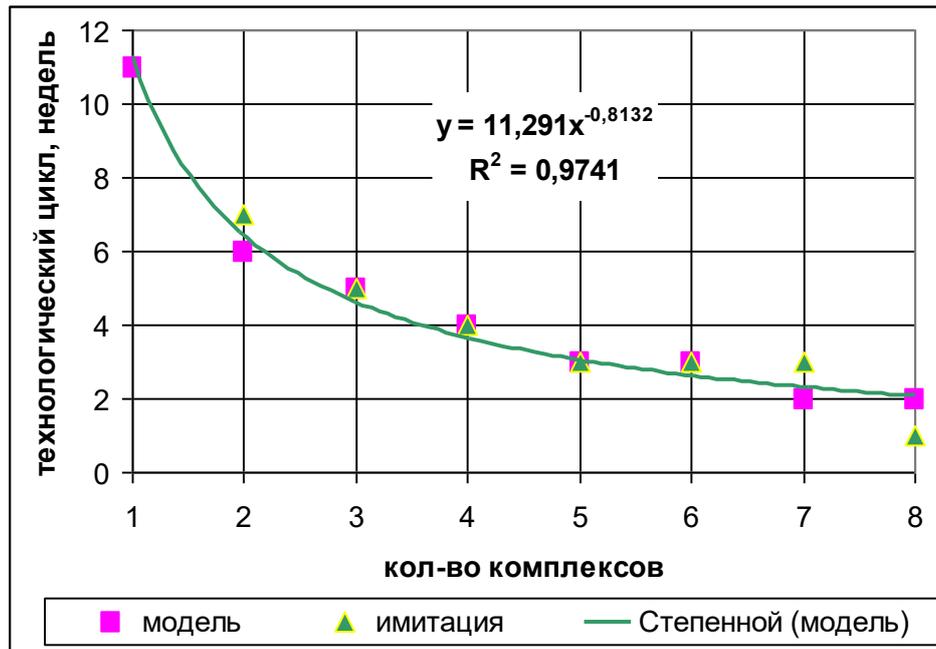


Рис. 1. Сопоставление длительности технологического цикла, рассчитанного по аналитической модели (15), и результатов компьютерного имитационного моделирования

Fig. 1. Comparison of the duration of the technological cycle calculated according to the analytical model (15) and the results of computer simulation

Важно отметить, что работа предприятия в режиме синхронизации с динамикой рыночного спроса при высоком уровне насыщения оборудованием рабочей зоны одновременно характеризуется и более высоким коэффициентом использования оборудования.

Количественно эффективность использования времени ведущей группы оборудования в различных режимах работы можно оценить, используя соотношения (15) для длительности технологического цикла. Данное выражение можно представить в эквивалентном виде:

$$\tau_{\text{цикл}} \approx \tau_{\text{цикл},0} \cdot k_{\text{потерь}}, \quad (16)$$

где $\tau_{\text{цикл},0}$ – минимально достижимая длительность технологического цикла в режиме, исключающем потери времени на перегоны экскаваторов и простои в связи с проведением взрывных работ;

$k_{\text{потерь}}$ – коэффициент, характеризующий увеличение длительности технологического цикла в связи с межступенным перегонем оборудования и в связи с простоями из-за проведения взрывных работ:

$$k_{\text{потерь}} = \left[1 + \frac{\rho \cdot n_k \cdot \tau_{\text{взр}}}{\tau_{\text{блок}}} + \frac{(l_{\Gamma} - n_k) \cdot n_k \cdot \tau_{\text{пер}0}}{l_{\Gamma} \cdot \tau_{\text{блок}}} \right]. \quad (17)$$

Из соотношения (17) следует возможность существенного сокращения потерь рабочего времени ведущей группы оборудования по мере насыщения рабочей зоны оборудованием, поскольку при увеличении числа технологических комплексов непроизводительные потери рабочего

времени изменяются по квадратичному закону.

С точки зрения наглядности ниже предлагается эффект возрастания непроизводительных потерь времени в результате проведения взрывных работ и межступенных перегонов характеризовать коэффициентом полезного использования времени ведущей группы оборудования $k_{\text{исп}}$. Очевидно, что показатель $k_{\text{исп}}$ есть величина, обратная коэффициенту, характеризующему увеличение длительности технологического цикла, рассчитываемому по соотношению (17):

$$k_{\text{исп}} = \frac{1}{k_{\text{потерь}}} \quad (18)$$

Результаты расчета изменения коэффициента полезного использования времени ведущей группы оборудования $k_{\text{исп}}$ в соответствии с соотношением (18) для различного количества технологических комплексов представлены на рис. 2. Здесь же приведены данные расчетов данного показателя с использованием имитационной модели.

Как следует из рассмотрения данных рис. 2, наименее эффективной с точки зрения использования времени всей совокупности используемого горнотранспортного оборудования оказывается ситуация, в которой число технологических комплексов и число горизонтов связаны соотношением:

$$n_k \approx \frac{l_{\Gamma}}{2}, \quad (19)$$

т.е. когда один технологический комплекс последовательно работает на двух горизонтах. В этом режиме непроизводительно теряется до 30%

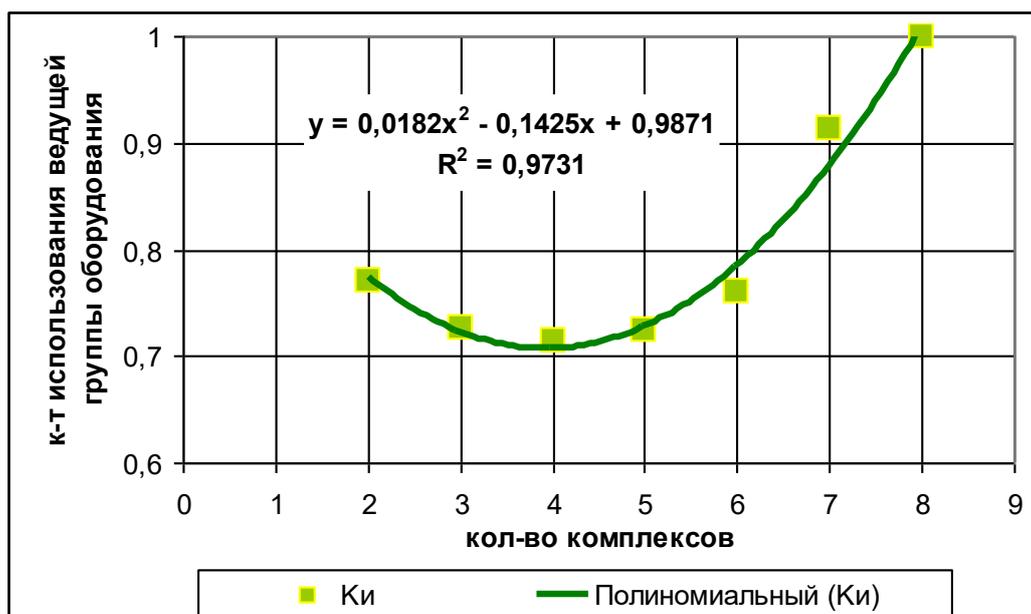


Рис. 2. Зависимость коэффициента использования времени ведущей группы оборудования от количества технологических комплексов
 Fig. 2. Dependence of the time utilization coefficient of the leading group equipment depending on the number of technological complexes

доступного календарного времени технологического оборудования.

Увеличение числа технологических комплексов свыше данного значения приводит к увеличению эффективности использования времени для всей системы оборудования. При $n_k = l_r$ (один технологический комплекс на каждый горизонт) эффективность использования времени технологического оборудования оказывается максимальной, поскольку устраняется действие фактора межступенных перегонов и, соответственно, достигается оптимальный с точки зрения экономии ресурсов режим «бережливого» производства.

Выводы

1. Реализация потенциала эффективности угледобывающих предприятий в значимой степени определяется способностью последних реализовать ресурсосберегающий «синхронный» режим работы с динамически изменяющимся рыночным спросом на свою продукцию. При этом определяющим при организации указанного режима работы является показатель длительности технологического цикла.

2. Величина данного показателя определяет максимальный возможный уровень интенсивности добычи в синхронном режиме и определяется сложной взаимосвязью горно-геологических, технических, технологических и организационных факторов и условий.

3. Длительность технологического цикла зависит от количества выемочно-транспортных

комплексов и в общем случае носит сложный дискретный характер, определяемый соотношением целочисленных значений числа рабочих горизонтов и количества технологических комплексов. Однако аппроксимация указанных зависимостей непрерывными аналитическими моделями обеспечивает удовлетворительное описание общих закономерностей формирования производительности и динамических свойств производственной системы предприятия открытой угледобычи, показывая область оптимального числа выемочно-транспортных комплексов.

4. Увеличение длительности технологического цикла, обусловленное снижением коэффициента использования горного оборудования из-за увеличения времени на межступенное перемещение выемочного оборудования и потери времени в связи с проведением взрывных работ, ведет к эквивалентному уменьшению интенсивности добычи. Указанные потери не связаны с несовершенством организации производственного процесса, а являются следствием используемых технологических принципов и пространственно-временной организацией ведения открытых горных работ при применении углубочной продольной системы разработки карьерного поля.

5. Учет потерь времени ведущей группы оборудования, вызванных взрывными работами и межступенными перегонами экскаваторов, обуславливает существенно нелинейный характер зависимости коэффициента использования и, соответственно, длительности технологического

цикла от количества выемочно-транспортных комплексов в составе ведущей группы оборудования. В результате снижения длительности технологического цикла прирост объемов добычи при изменении числа технологических комплексов не является постоянным и зависит от соотношения числа комплексов и количества рабочих горизонтов.

6. В условиях низкой концентрации горных работ, когда количество выемочно-транспортных комплексов меньше, чем половина числа рабочих горизонтов, будут иметь место низкие значения коэффициента использования оборудования, как следствие, произойдет увеличение продолжительности технологического цикла и возможность наращивания объемов добычи будет ограничена. Вместе с тем сокращение длительности технологического цикла и, как следствие, наиболее значимый прирост объемов добычи в период роста спроса может быть

обеспечен при высокой концентрации горных работ, когда количество выемочно-транспортных комплексов позволяет вести работы более чем на половине горизонтов рабочей зоны карьера.

7. Полученное в результате настоящего исследования понимание зависимостей и взаимосвязей дают в руки менеджеров современных угледобывающих предприятий эффективный инструмент по управлению длительностью технологического цикла в широком диапазоне горнотехнических условий; тем самым, может быть осуществлена реальная возможность перевода производственных систем этих предприятий в ресурсосберегающий («синхронный»), с динамично изменяющимся рыночным спросом режим работы, что обеспечит повышение эффективности функционирования предприятий открытой угледобычи и повысит их конкурентоспособность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гаджинский, А.М. Логистика. – М.: ИВЦ "Маркетинг", 1999. – 228 с.
2. Михальченко, В.В. Бережливое производство в угледобывающей отрасли: учеб. пособие по дисциплине «Современный менеджмент: концепция, инструменты, методы» / В.В. Михальченко ; КузГТУ. – Кемерово, 2016. – 116 с.
3. Меркушева, Д.С. Закономерности формирования экономической эффективности угледобывающего предприятия в условиях сезонной и конъюнктурной изменчивости спроса / Меркушева Д.С., Михальченко В.В., Рубаник Ю.Т. // Вестник КемГУ (ФГБОУВПО «Кемеровский государственный университет») – № 4/1. 2014. С. 241-246.
4. Меркушева, Д.С. Количественный анализ экономических рисков угледобывающего предприятия / Меркушева Д.С., Михальченко В.В., Рубаник Ю.Т. // Вестник КемГУ (ФГБОУВПО «Кемеровский государственный университет») – № 4/1. 2014. С. 247-251.
5. Добыча угля в Кузбассе в январе сократилась на 11%. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.interfax-russia.ru/siberia/main/dobycha-uglya-v-kuzbasse-v-yanvare-sokratilas-na-11>.
6. K. Ohmae, The Mind of The Strategist: The Art of Japanese Business (McGrawHill, Inc., 1982).
7. V. Mikhailchenko, Adaptive optimization as a design and management methodology for coal-mining enterprise in uncertain and volatile market environment - the conceptual framework / V. Mikhailchenko, Yu. Rubanik/ IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2016. – Vol. 45. – Pp. 1-7.
8. V. Mikhailchenko, "Lean production" in the coal mining industry /V. Mikhailchenko, Yu. Rubanik, N. Osokina, A. Mikhailchenko/, Atlantis Press. The 8th Russian – Chinese Symposium Coal in the 21 st Century: Mining, Processing and Safety. ISBN: 978-94-6252-232-9, 10-12 October, 2016. Kemerovo, Russia. Pp. 33-38.
9. J.P. Womack and D.T. Jones, Lean Thinking. Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation (New York at al.; Free Press, 2003) .
10. T. Ohno, Toyota Production System, Productivity Press (1988).
11. Henry R Neave, The Denting Dimension (SPC Press, Knoxville, Tennessee 1990).
12. Михальченко, В.В. Синхронизация работы предприятий открытой угледобычи с динамикой рыночного спроса / В.В. Михальченко, Ю.Т. Рубаник, А.М. Хотинский. – Кемерово: Кузбассвузиздат, 2000. – 176 с.

REFERENCES

1. Gadzhinsky, A.M. Logistika. - M.: IVTs "Marketing", 1999. – 228 p.
2. Mikhalchenko, V.V. Lean production in the coal mining industry: textbook. manual on the discipline "Modern management: concept, tools, methods" / V.V. Mikhalchenko; KuzSTU. Kemerovo, 2016, 116 p.
3. Merkusheva, D.S. Regularities of formation of economic efficiency of a coal mining enterprise in the conditions of seasonal and conjuncture variability of demand / Merkusheva, D.S., Mikhalchenko, V.V., rubanik, Yu.T. // Bulletin of KemSU (Kemerovo state University) – no. 4/1. 2014. Pp. 241-246.
4. Merkusheva, D.S. Quantitative analysis of economic risks of a coal mining enterprise / Merkusheva, D.S., Mikhalchenko, V.V., Rubanik, Yu.T. // Bulletin of KemSU (Kemerovo state University) – no. 4/1. 2014. Pp. 247-251.
5. Coal Production in Kuzbass decreased by 11% in January. [Electronic resource] - access Mode: <https://www.interfax-russia.ru/siberia/main/dobycha-uglya-v-kuzbasse-v-yanvare-sokratilas-na-11>.
6. K. Ohmae, The Mind of The Strategist: The Art of Japanese Business (McGrawHill, Inc., 1982).
7. V. Mikhalchenko, Adaptive optimization as a design and management methodology for coal-mining enterprise in uncertain and volatile market environment - the conceptual framework / V. Mikhalchenko, Yu. Rubanik/ IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2016. – Vol. 45. – Pp. 1-7.
8. V. Mikhalchenko, "Lean production" in the coal mining industry /V. Mikhalchenko, Yu. Rubanik, N. Osokina, A. Mikhalchenko/, Atlantis Press. The 8th Russian – Chinese Symposium Coal in the 21 st Century: Mining, Processing and Safety. ISBN: 978-94-6252-232-9, 10-12 October, 2016. Kemerovo, Russia. Pp. 33-38.
9. J.P. Womack and D.T. Jones, Lean Thinking. Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation (New York at al., Free Press, 2003).
10. T. Ohno, Toyota Production System, Productivity Press (1988).
11. Henry R Neave, The Denting Dimension (SPC Press, Knoxville, Tennessee 1990).
12. Mikhalchenko, V.V. Synchronization of open-pit coal mining enterprises with dynamics of market demand / V.V. Mikhalchenko, Yu.T. Rubanik, A.M. Khotinsky. – Kemerovo: Kuzbassvuzizdat, 2000. – 176 p.

Поступило в редакцию 03.08.2020

Received 03 August 2020