



УДК 622.271.3

## МОДЕЛИРОВАНИЕ СОСТАВА И ВЗАИМОСВЯЗИ ЭЛЕМЕНТОВ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА КАРЬЕРА

Ермолаев В.А., Селюков А.В.

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева

### Аннотация.

Особенностью технологии современного производственного процесса крупного карьера является высокая длительность производственных циклов, иногда составляющая десятилетия. В результате для поддержания равномерной добычи в текущем периоде вскрышные работы подготавливают к выемке количество запасов, частократно превышающее добычу периода, а списание практически всех выполняемых объемов текущей вскрыши и затрат периода производится только на текущую добычу. Это ведет к существенному искажению в сторону увеличения ее себестоимости, к снижению прибыли и налога на прибыль, получаемого государством, к уменьшению доходов собственников и рыночной стоимости активов предприятия. При высокой длительности производственного цикла характер протекания процесса производства продукции, имеющего сложную структуру элементов в широком межотраслевом разрезе, детально изложен в современной учебной литературе по производственному менеджменту [1]. Тем не менее, в современной горной литературе в научном обороте такие общепринятые понятия о структурных составляющих производственного процесса, как производственный цикл, незавершенное производство, опережение вскрышных работ (задел) и других составляющих процесс элементов применительно к открытому способу добычи полезных ископаемых на карьерах практически отсутствуют [2-4].

### Информация о статье

Принята 6 мая 2019 г.

### Ключевые слова:

открытые горные работы, незавершенное производство, производственные процессы, рабочий борт карьера, степень доступности запасов

Заделы незавершенного производства являются существенным и необходимым элементом работы практически всех предприятий. Заделы на карьерах формируются из объемов опережающих вскрышных работ незавершенного производства, находящихся на различных промежуточных стадиях производственного процесса подготовительных работ.

Дальнейшее развитие современного горного производства конкурентоспособной продукции требует углубленных в детали исследований реальной картины производственного процесса на карьерах [5].

## MODELING OF THE COMPOSITION AND INTERRELATION OF THE ELEMENTS OF THE OPEN PIT MINE PRODUCTION PROCESS

Vyacheslav A. Ermolaev, Alexey V. Selyukov

T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University

### Abstract.

A feature of the technology of the modern production process of a large quarry is the high duration of production cycles, sometimes decades. As a result, in order to maintain uniform production in the current period, stripping operations prepare for excavation a quantity of reserves that often multiply exceeds the production of the period, and writing off almost all of the current volumes of overburden and expenses of the period are being carried



#### Article info

Received May 6, 2019

**Keywords:** open pit mining, work in progress, production processes, mining flank of quarry, reserves availability degree

out only for current production. This leads to a significant distortion in the direction of increasing its cost, to reducing profits and income tax received by the state, to reducing owners' incomes and the market value of the assets of the enterprise.

With a long production cycle, the nature of the process of production, having a complex structure of elements in a wide intersectoral context, is described in detail in modern educational management literature [1]. However, in modern mining literature in the scientific community such generally accepted concepts of the structural components of the production process as the production cycle, work in progress, advancing overburden work (backlog) and other elements making up the process are practically absent in relation to the open pit mining method [2-4].

The backlog of work in progress is an essential and necessary element of the work of almost all enterprises. Backlogs in the open pit mines are formed from the volumes of the advanced stripping work in progress, stayed at various intermediate stages of the preparatory work production process.

Further development of modern mining production of competitive products requires in-depth studies of the real picture of the production process in quarries [5].

#### Введение

Наиболее перспективным современным подходом к разработке прогнозов развития производственных процессов считается моделирование, т.е. определение параметров развивающегося процесса на основе адекватных моделей изменения его параметров. Математические модели представляют собой наиболее универсальные и достаточно строгие методы анализа тенденций развития производственного процесса. Они позволяют дать количественное описание структуры и динамики развития реальных объектов прогнозирования, изучить характер, направление и силу влияния различных факторов на их изменение.

**Наличие комплексной количественной характеристики горно-геологических условий – степени доступности запасов – позволяет формализовать в деталях производственный процесс разработки запасов карьера** [6-9]. Разработка карьера начинается с выполнения первого производственного цикла, особенностью условий начала реализации которого является отсутствие запасов незавершенного производства и, естественно, ранее созданного опережения вскрышных работ. Такие исходные условия работ могут иметь место как на вновь разрабатываемых крупных карьерах, имеющих одну горную выработку, так и отдельных технологически обособленных участках в составе крупных предприятий [10-14].

Применительно к действующим предприятиям, учитывая отсутствие необходимых детальных данных, может быть применен такой же подход, считая, что рельеф поверхности существующей горной выработки на определенный момент времени является исходным рельефом земной поверхности. Производственный процесс в этом случае можно рассматривать с учетом существующих горно-геологических условий в качестве исходных, как и на вновь разрабатываемых карьерах [15-18]. Разница в том, что рабочий борт действующего карьера имеет ступенчатую форму, а это не просто образованный природой склон сопки (лога – не имеет принципиального значения).

#### Материалы и методы

Производственный процесс в карьере на начало разработки заключается в реализации первого производственного цикла добычи за календарный период некоторой партии запасов объемом  $D$ , для этого выполняется объем работ по горной массе  $P$ . При этом для поддержания непрерывности производственного процесса и стабилизации условий добычи выполняются так же опережающие вскрышные работы. Это ведет к формированию на карьере запасов с не полностью завершенными производственными циклами – доступных запасов с незавершенным



производством. В условиях снижения степени доступности перспективных запасов необходимо изучить возможность поддержания добычи на стабильном уровне, т. е. необходимо определить объем запасов карьера из числа промышленных, доступных для добычи, с незавершенным производством.

**Доступные запасы с незавершенным производством - это часть перспективных для добычи промышленных запасов карьера, которая может быть добыта с постоянными текущими значениями объемов добычи партии запасов  $D$  и работ по горной массе  $P$  за период.**

С учетом параметров степени доступности запасов  $K_d$  (рис. 1) величина доступных запасов на начало периода определяется по формуле:

$$Z_{он} = \frac{2 \cdot \left( P \cdot \frac{\gamma}{D} - a \right)}{b}, \text{ млн. т,} \quad (1)$$

где  $a$  и  $b$  – параметры функции степени доступности  $K_d$  (рис. 1) запасов;  $\gamma$  – плотность запасов, т/м<sup>3</sup>.

В представленных далее на рисунках в качестве примеров зависимостях элементов незавершенного производства карьера от горно-геологических условий работ использованы данные о степени доступности запасов фактически действующего крупного карьера Кузбасса с параметрами  $a = 3,87$  и  $b = 0,256$ .

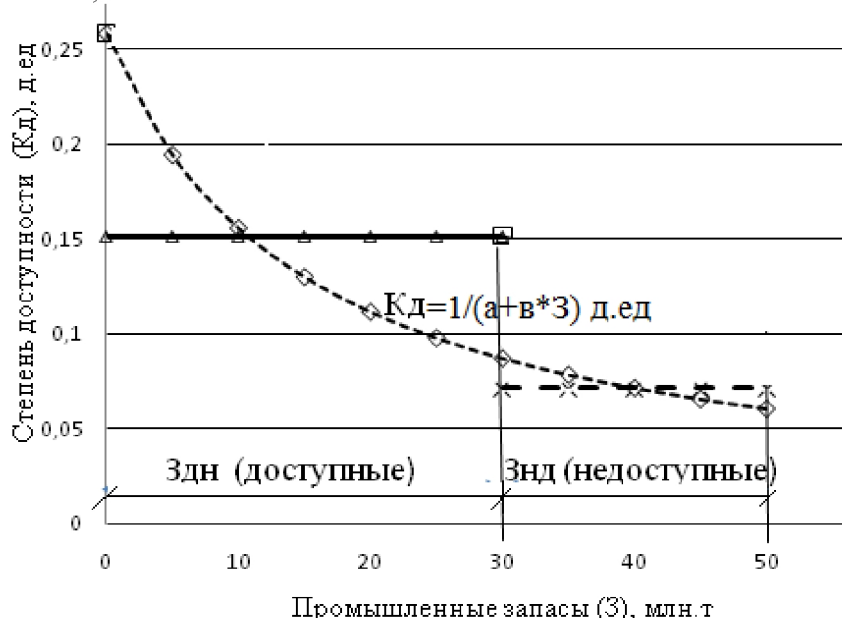


Рис. 1. Схема деления промышленных запасов  $Z$  карьера на доступные  $Z_{он}$  и недоступные  $Z_{но}$  в интерпретации на графике уменьшения степени доступности запасов, вовлекаемых в разработку

Доступные и недоступные запасы карьера имеют качественное отличие. Если последняя партия доступных запасов может быть добыта с текущими объемными показателями работ, учитывая выполненное ранее для этого опережение вскрыши, то первую партию запасов, недоступных при тех значениях объемов текущих работ, добыть нельзя. Для недоступных запасов значительно увеличиваются объемы необходимых подготовительных работ по подготовке такой партии запасов. Для добычи первой партии запасов из недоступных в том же объеме необходимо резко, скачкообразно увеличивать объем работ по горной массе или при его сохранении значительно снизить добычу. **Отсюда следует практически важный вывод, что опережающие вскрышные работы в текущем периоде следует производить только в границе доступных запасов.**



### Результаты и обсуждение.

Максимальное контурное (пороговое) значение степени доступности недоступных запасов  $Z_{нд}$  и одновременно минимальное контурное значение доступных запасов на начало производственного цикла  $Z_{он}$  ниже среднего значения степени доступности. Поэтому невозможна дальнейшая отработка недоступных запасов  $Z_{нд}$  с сохранением текущих показателей добычи за период (цикл) партии запасов в объеме  $D$  и производительности по горной массе периода  $P$  (рис. 2).

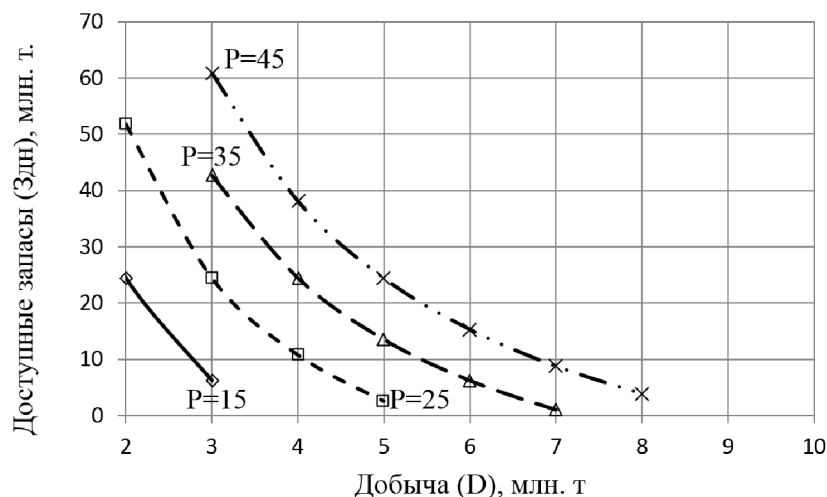


Рис. 2. Зависимость доступных запасов карьера  $Z_{он}$  на начало периода от величины добычи карьера  $D$  при постоянной производительности по горной массе  $P$ , млн. м<sup>3</sup>

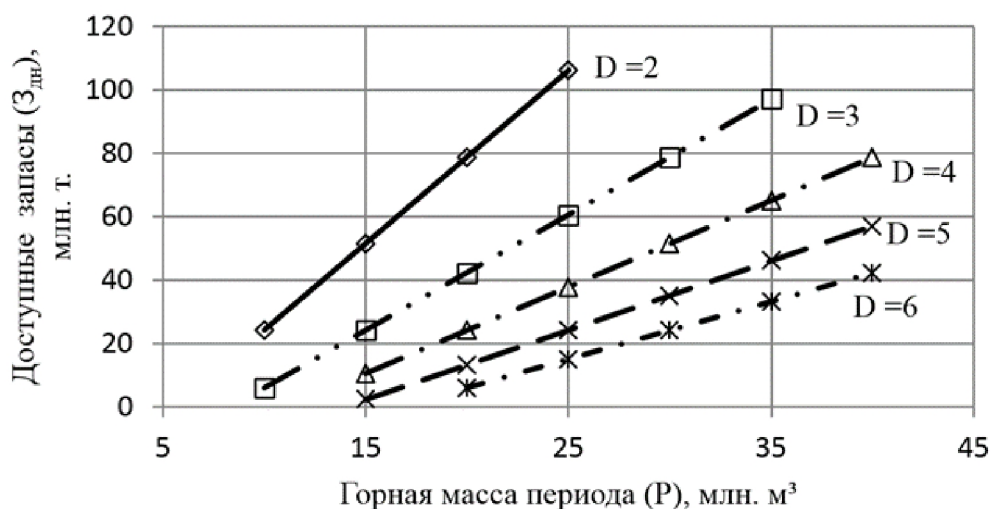


Рис. 3. Зависимость доступных производственных запасов карьера от величины производительности карьера по горной массе периода  $P$  при постоянной добыче  $D$ , млн. т.

Предельное (пороговое) значение степени доступности запасов доступных, отделяющих их от недоступных, для которых оно является по степени доступности максимальным, определяется по формуле:

$$K_{\phi, \max} = \frac{1}{a + b \cdot Z_{он}}, \text{ дол. ед.} \quad (2)$$

Как следует из представленной зависимости (рис. 2), увеличение производительности карьера по добыче  $D$  (объема годовой партии добычи) при постоянном значении  $P$  нелинейно





интенсивно снижает, а увеличение производительности по горной массе  $P$  при постоянном значении добычи  $D$  увеличивает (рис. 3) доступные запасы  $Z_{\text{он}}$ .

Величина доступных запасов  $Z_{\text{он}}$  в значительной мере определяет величину добычи партии запасов  $D$  за период, вычисляемую в этом случае по формуле:

$$D = \frac{P \cdot \gamma}{0.5 \cdot Z_{\text{он}} \cdot b + a}, \text{ млн.т.} \quad (3)$$

Как следует из представленной зависимости (рис. 4), величина текущей добычи в представленном примере активно снижается при увеличении запасов доступных, что также полностью соответствует такой зависимости в широком межотраслевом разрезе [1]. Динамика этой зависимости также определяется степенью доступности запасов, характеризующей условия работ.

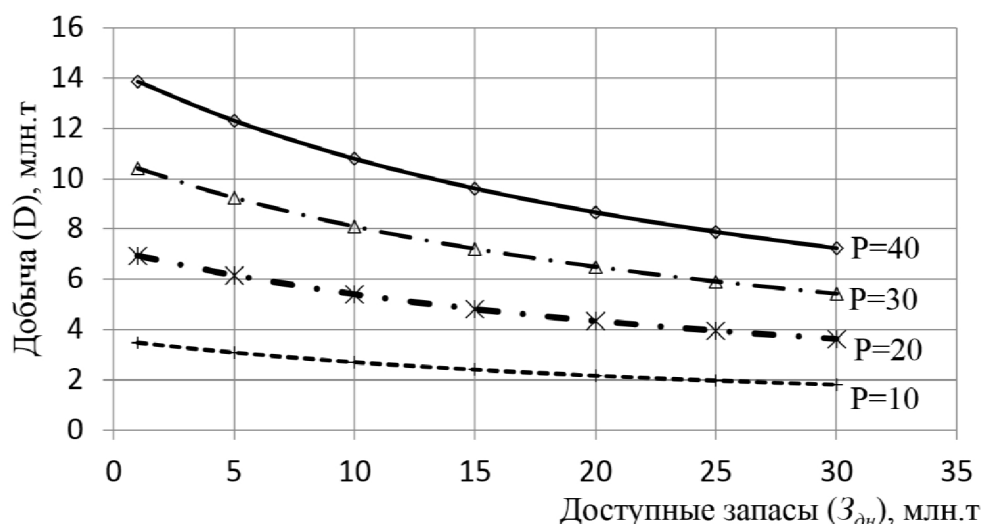


Рис. 4. Зависимость добычи карьера  $D$  от величины доступных запасов  $Z_{\text{он}}$  периода при постоянных значениях производительности по горной массе  $P$ , млн. м³

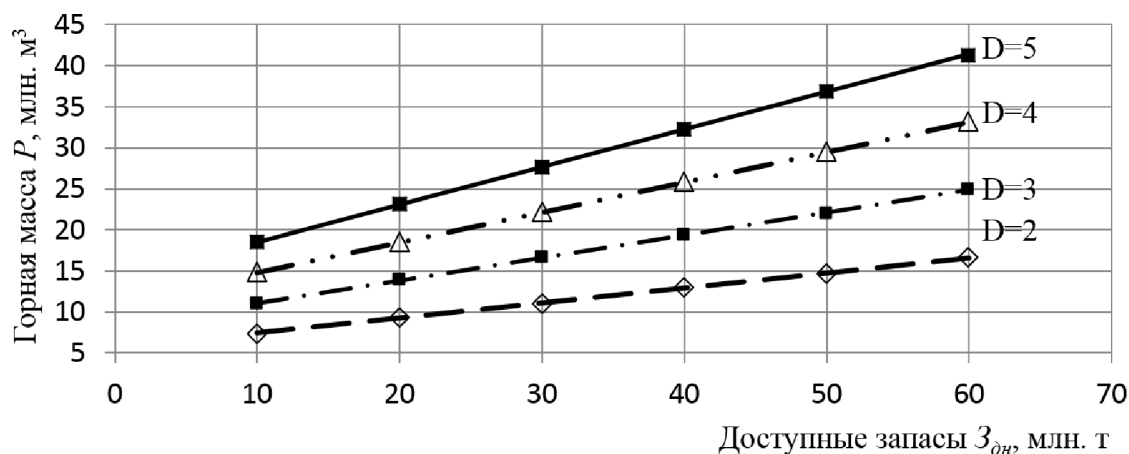


Рис. 5. Зависимость производительности карьера по горной массе  $P$  от величины доступных запасов  $Z_{\text{он}}$  при постоянных значениях добычи  $D$ , млн.т

Зависимость производительности карьера по горной массе  $P$  от величины доступных запасов  $Z_{\text{он}}$  при постоянных значениях добычи  $D$  (рис. 5) определяется по формуле:

$$P = \frac{D \cdot (0.5 \cdot Z_{\text{он}} \cdot b + a)}{\gamma}, \text{ млн. м}^3. \quad (4)$$



Общий минимально необходимый объем пород вскрыши  $V$ , ограничивающий подготовку доступных запасов  $Z_{\text{он}}$  полезного ископаемого (рис. 6) определяется по формуле:

$$V = \frac{Z_{\text{он}} \cdot (0.5 \cdot Z_{\text{он}} \cdot b + a - 1)}{\gamma}, \text{ млн. м}^3. \quad (5)$$

Длительность производственного цикла  $T$  на начало работ или, что одно и то же, опережение запуском (началом подготовительных работ по вскрыше) окончания выпуска партии запасов в объеме текущей добычи периода (года)  $D$ , исходя из величины доступных запасов  $Z_{\text{он}}$ , определяется по формуле:

$$T = \frac{Z_{\text{он}}}{D}, \text{ лет}. \quad (6)$$

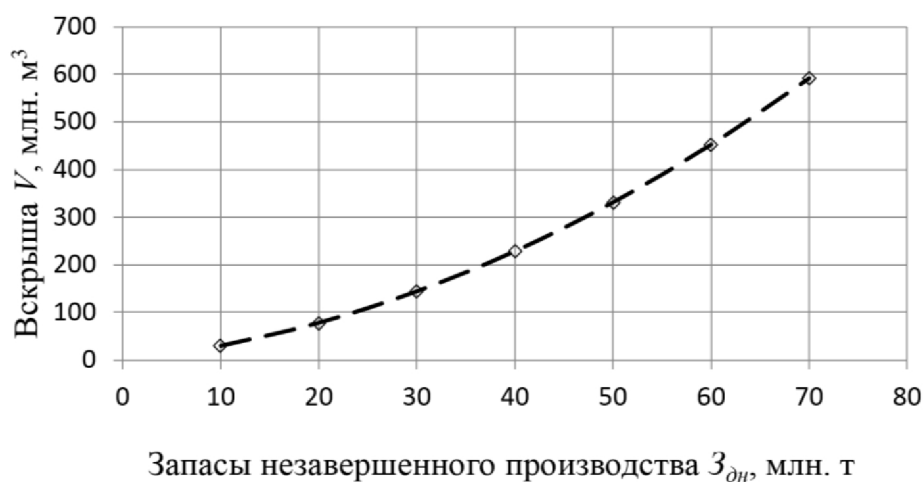


Рис. 6. Зависимость минимально необходимого удаляемого объема пород вскрыши  $V$  от величины доступных запасов незавершенного производства  $Z_{\text{он}}$

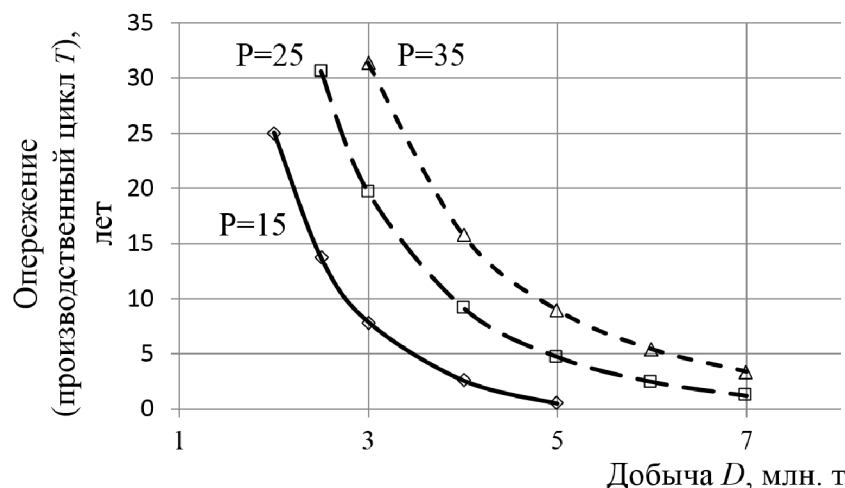


Рис. 7. Зависимость времени стабильной работы (опережения  $T$ ) карьера от добычи партии запасов  $D$  за период при постоянных значениях производительности по горной массе  $P$ , млн. м<sup>3</sup>

Длительность производственного цикла  $T$  выпуска партии запасов  $D$  означает время между началом удаления первых объемов пород вскрыши для образования готовых к выемке запасов и окончанием доставки последних тонн добычи на склад готовой продукции. Опережение запуском в производство выпуска товарной продукции включает и опережение по вскрыше.



Как следует из представленных зависимостей, увеличение производительности по добыче (рис. 7) ведет к быстрому нелинейному уменьшению опережения  $T$ , а рост производительности по горной массе  $P$  ведет к его пропорциональному увеличению (рис. 8).

Отработка части доступных запасов в объеме добычи  $D$  за период не меняет среднего значения степени доступности оставшихся доступных запасов в объеме  $3_{\text{он}} - D$ , т.е. степень доступности их сохраняется.

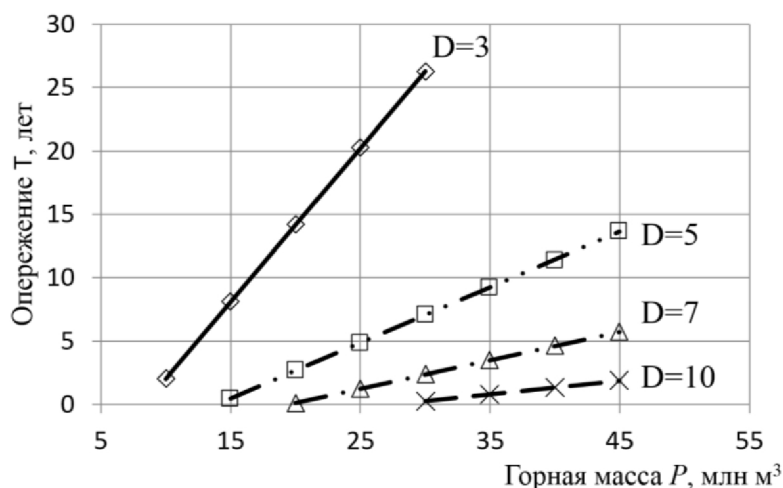


Рис. 8. Зависимость времени стабильной работы (опережения  $T$ ) карьера, лет, от производительности по горной массе  $P$  при постоянных значениях добычи периода  $D$ , млн. т

Из этого свойства доступных запасов – не изменять средней степени своей доступности при уменьшении объема на величину извлекаемой за период партии – следует, что интенсификация работ на одних направлениях подготовки доступных запасов к выемке компенсируется соответствующим по объему замедлением на других и не меняет тем самым общих условий добычи оставшихся доступных запасов.

Изменяется при этом соотношение темпов подготовительных работ по отдельным направлениям при постоянной некоторой средней величине в целом.

Опережающие вскрышные работы ведутся не равномерно для всех перспективных запасов, а по убывающей. При этом для некоторых доступных запасов подготовительные работы в отдельные периоды могут пока не вестись. Отсюда следует практически важный вывод, что все доступные запасы карьера следует считать незавершенными производственными, даже если подготовительные вскрышные работы для некоторой их части в текущем периоде пока не ведутся.

Также объем текущей добычи партии запасов карьера  $D$  в зависимости от параметров горно-геологических условий разработки, производительности по горной массе  $P$  с учетом длительности производственного цикла  $T$  определяется по формуле:

$$D = \frac{\sqrt{\left(\frac{a}{\gamma}\right)^2 + 2 \cdot T \cdot \frac{b}{\gamma} \cdot P} - \frac{a}{\gamma}}{T \cdot \frac{b}{\gamma}}, \text{ млн.т.} \quad (7)$$

Как следует из представленной зависимости (рис. 9), производительность карьера по добыче нелинейно снижается при уменьшении производительности по горной массе и при увеличении времени опережения вскрышных работ (длительности цикла) в конкретных горно-геологических условиях, представляемых значениями величин « $a$ » и « $b$ » функции степени доступности запасов.

Максимально возможный объем текущей добычи партии запасов карьера  $D_{\max}$  достигается в зависимости от параметров горно-геологических условий разработки, производительности по горной массе  $P$  при длительности производственного цикла  $T=1$  (рис. 10) по формуле (7).

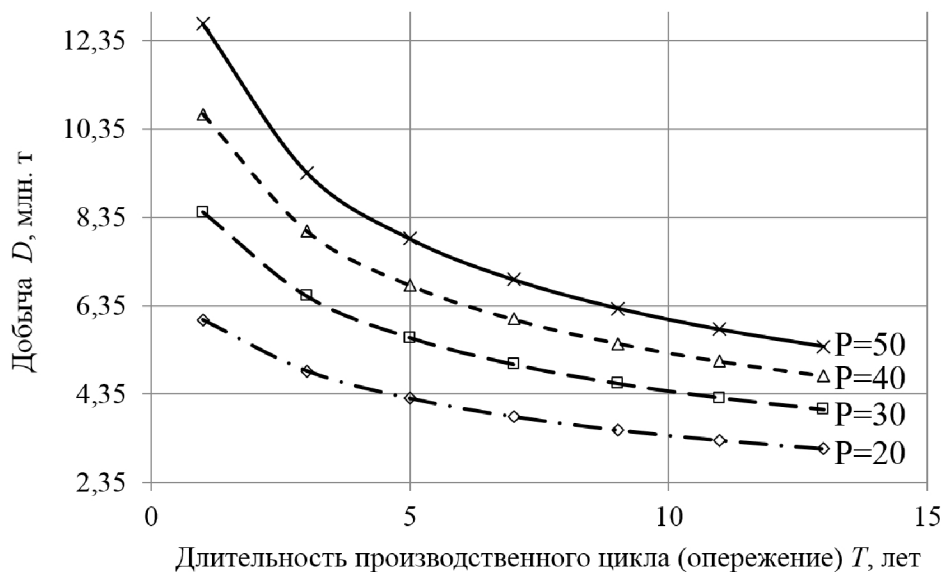


Рис. 9. Зависимость добычи карьера от времени стабильной работы (опережения)  $T$  при постоянных значениях производительности по горной массе  $P$ , млн.м<sup>3</sup>

Величина доступных запасов  $Z_{\text{он}}$  на начало периода ограничивается в случае максимальной добычи периода  $D_{\max}$  при отсутствии опережения по вскрыше ( $T=1$ ), т. е. собственно добычей периода  $D_{\max} = Z_{\text{он}}$  (рис. 10), и повторить такую добычу без увеличения производительности по горной массе невозможно.

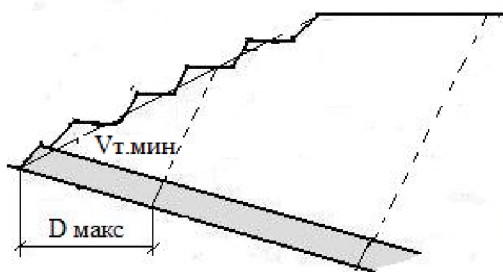


Рис. 10. Схема погашения части рабочего борта карьера при работе по вскрыше за период без опережения

Реализация такой программы работ в текущем периоде приводит к частичному или полному погашению рабочего борта карьера (рис. 10) и невозможности продолжения работ с сохранением достигнутых объемных показателей.

Такая программа является пределом концентрации работ в конкретных условиях.

Достижение максимально возможной добычи ( $D_{\max}$ ) при определенном значении объема работ по горной массе  $P$  обеспечивается при выполнении минимально необходимого объема подготовительных вскрышных работ в текущем периоде ( $V_{t.\min}$ ), определяемого по формуле:

$$V_{t.\min} = P - \frac{D_{\max}}{\gamma}, \text{ млн. м}^3. \quad (8)$$

Как следует из представленных схем (рис. 10 и 11), выполнение опережающих вскрышных работ  $V_o$  в составе текущей вскрыши  $V_t$  для стабилизации условий работ на 2 периода ( $T=2$ ) ведет к снижению текущей добычи  $D$  периодов против  $D_{\max}$  и минимально необходимой для этого вскрыши  $V_n$  против  $V_{t.\min}$  для  $D_{\max}$ . При  $D_{\max}$  значение  $V_o=0$  и  $V_t=V_{t.\min}$ . Дальнейшее вовлечение в подготовку запасов на перспективу (увеличение  $T$ ) при определенной





производительности периода по горной массе  $P$  продолжит снижение добычи  $D$ , минимально необходимой для этого вскрыши  $V_n$  и увеличение опережающей вскрыши  $V_o$  в составе общей текущей  $V_m$ .

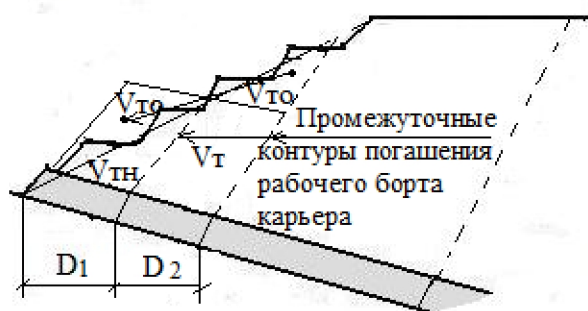


Рис. 11. Схема развития рабочего борта карьера при одновременной работе по вскрыше с погашением ( $V_n$ ) и опережением ( $V_o$ ) для стабилизации условий работ на 2 года ( $T = 2$ ).

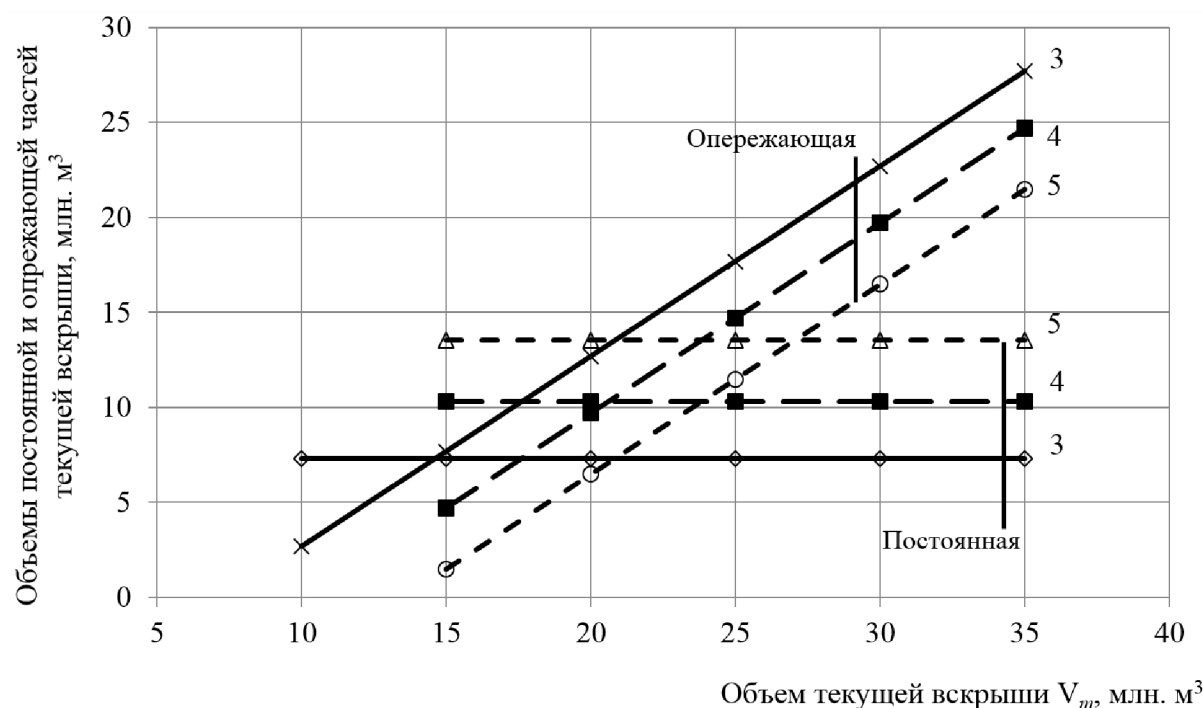


Рис. 12. Зависимости объемов опережения вскрышных работ ( $V_o$ ) и постоянной (необходимой) частей вскрыши ( $V_n$ ) от текущих объемов вскрыши ( $V_m$ ) при добыче цикла ( $D = 3; 4; 5$  млн. т) соответственно

Минимально необходимый объем пород вскрыши  $V_n$  в составе текущей  $V_m$ , ограничивающий доступность объема добычи  $D$  полезного ископаемого, определяется по формуле:

$$V_n = (0.5 \cdot D \cdot b + a - 1) \cdot \frac{b}{\gamma}, \text{ млн. м}^3. \quad (9)$$

Объем опережающей вскрыши в этом случае определяется по формуле:

$$V_o = P - \frac{D}{\gamma} - V_n, \text{ млн. м}^3 \quad (10)$$

Как следует из формул, составляющие текущей вскрыши – минимально необходимая  $V_n$  и опережающая  $V_o$  – зависят от условий и объема работ по добыче и горной массе (вскрыше). Характер же зависимости различен (рис. 12, 13, 14) и изменяет структуру текущей вскрыши.



Из этих зависимостей следует практически важный вывод, что составляющая часть текущей вскрыши за период  $V_n$  частично гасит рабочий борт, а  $V_o$  частично выполаживает борт, поэтому параметры рабочего борта карьера и его состояние корректируются и определяются их участием в текущей вскрыше  $V_m$ .

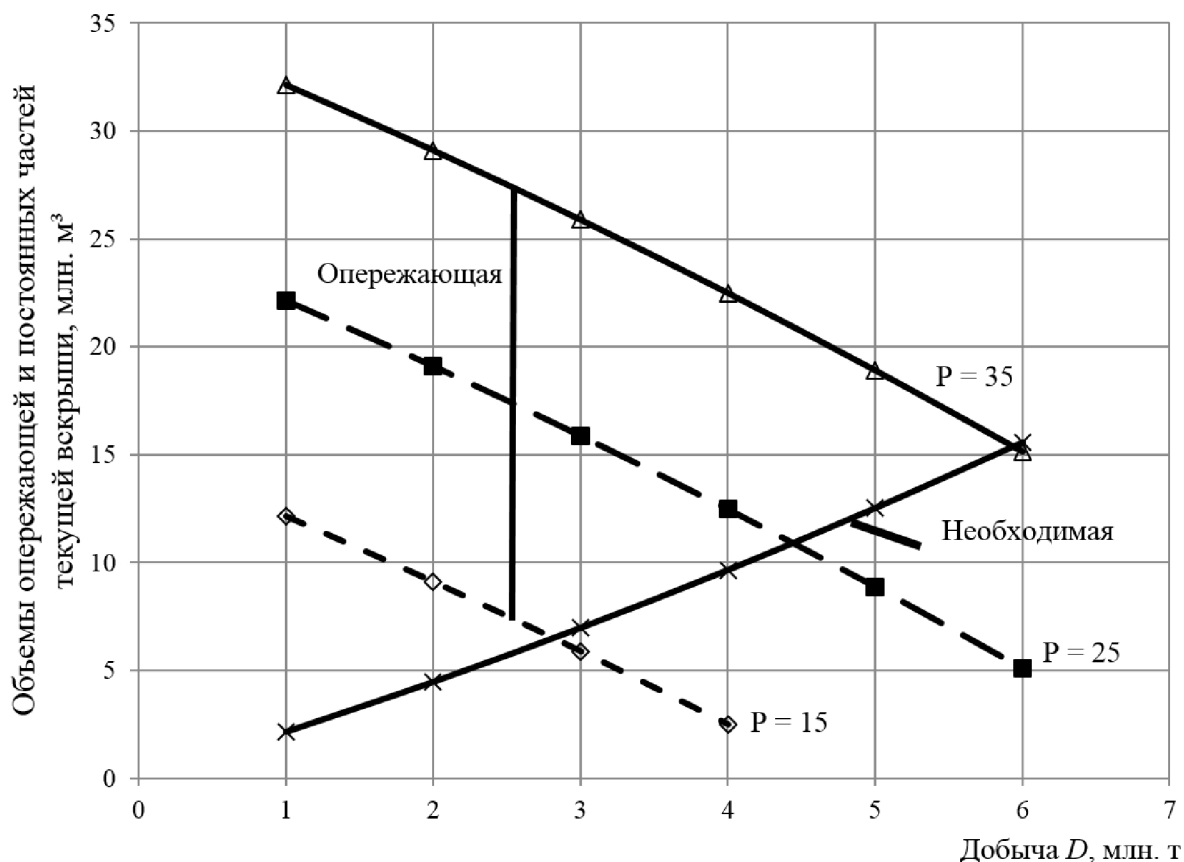


Рис. 13. Зависимости объемов опережения вскрышных работ ( $V_o$ ) и постоянных частей вскрыши ( $V_n$ ) от объемов добычи периода ( $D$ ) при горной массе  $P = 15; 25; 35$  млн.  $m^3$  соответственно

Относительная величина использования производительности карьера по добыче  $D$  относительно максимально возможной при работе без опережения ( $T=1$ ) при увеличении времени опережения оценивается коэффициентом  $K_o$ , определяемым по формуле:

$$K_o = \frac{D}{D_{\text{макс}}}, \text{ дол. ед.} \quad (11)$$

Величина этого снижения может быть достаточно высокой (рис. 15) и имеет большее значение при увеличении производительности по горной массе  $P$ , поскольку при этом увеличивается добыча за периоды  $D$ , а в разработку вовлекаются все менее доступные запасы.

### Выводы

Представленные материалы, методы и результаты расчетов убедительно подтверждают возможность использования в качестве характеристики горно-геологических условий горных работ функции степени доступности вовлекаемых в разработку запасов карьера. Характеристика функции степени доступности запасов позволяет детализировать сложную структуру элементов производственного процесса, определить в аналитическом виде их параметры и характер взаимосвязей. При этом структура производственного процесса карьера – состав и состояние его частей в порядке взаимного следования во времени и пространстве – соответствуют широкому междотраслевому пониманию. Все производства стремятся сократить длительность цикла выпуска партии



продукции, повысить концентрацию работ и сократить объем незавершенного производства, его задела.

Как следует из представленных выше зависимостей, производственный процесс первого текущего периода карьера, характеризуемый объемами работ по подготовке и добыче с учетом исходных горно-геологических условий, создает опережение горных работ в объемном и временном выражении, корректируя тем самым условия работ на будущее. Объемная характеристика опережения заключается в показателях незавершенного производства – доступных производственных запасах, выполненной опережающей и остающейся вскрыше для их подготовки к выемке. Временная характеристика опережения заключается во времени опережения началом подготовительных работ окончания добычных – в длительности производственного цикла добычи доступных производственных запасов.

Изучение механизма взаимосвязей элементов структуры при реализации первого производственного цикла производственного процесса карьера показывает, что в основе их формирования находятся горно-геологические условия работ. Именно условия разработки в разной мере и направленности определяют характер представленных зависимостей. При этом в теоретическом аспекте в качестве объективной характеристики условий разработки выступают параметры функции степени доступности запасов. Учет степени доступности запасов связывает как параметры производственного цикла карьера в целом с параметрами незавершенного производства, так и составляющие их структурные элементы между собой, определяя тем самым параметры соотношения элементов производственного процесса карьера в целом. При фиксированной производительности карьера по горной массе за период увеличение длительности производственного цикла ведет к интенсивному росту доступных производственных запасов, опережающих вскрышных работ и текущей вскрыши, снижению добычи текущего периода. Большая детализация производственного процесса карьера в формализованном виде позволяет более глубоко понять закономерности связей составляющих его структурных элементов с учетом условий разработки.

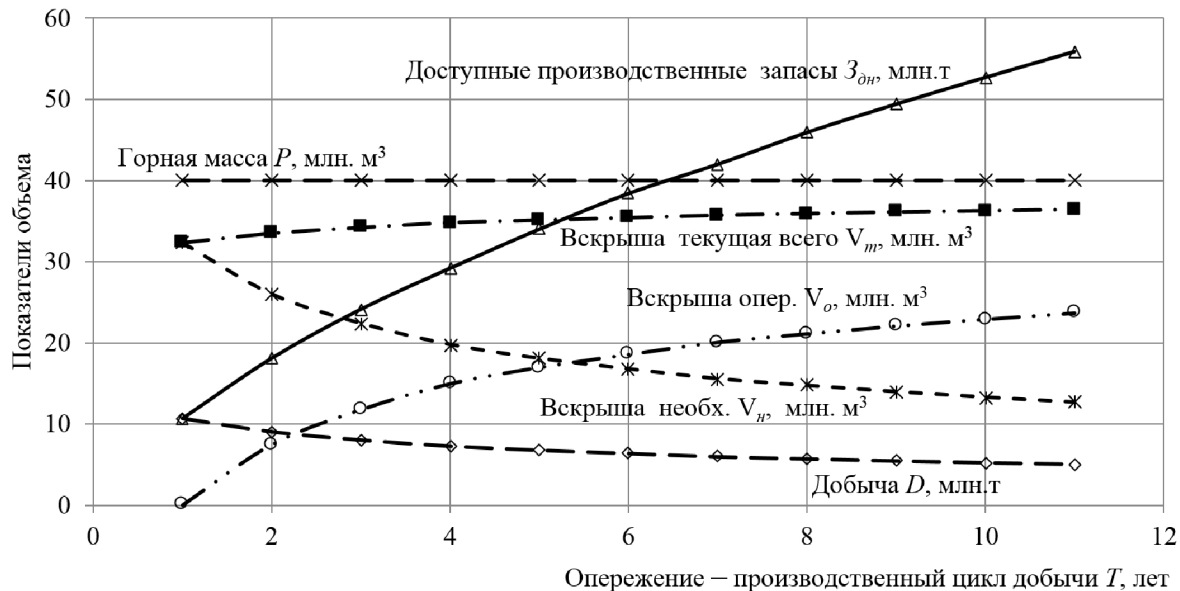


Рис. 14. Зависимости объема добычи, текущей вскрыши и ее составляющих (опережающей и минимально необходимой), доступных запасов от времени опережения при объеме работ по горной массе периода  $P = 40$  млн. м³

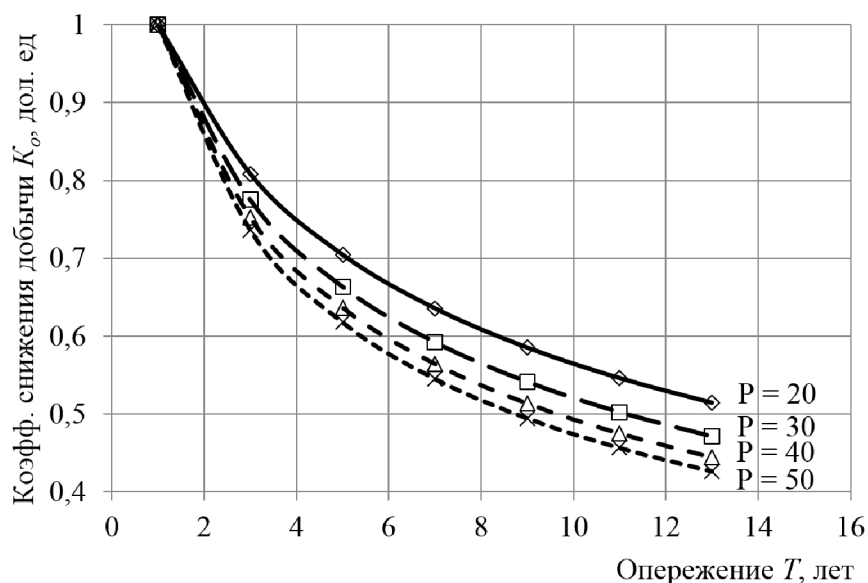


Рис. 15. Величина коэффициента снижения  $K_o$  производительности карьера по добыче  $D$  при увеличении времени опережения  $T$  в условиях постоянной величины  $P$ .

#### Список источников

1. Производственный менеджмент: Учебник / Под ред. В.А. Козловского. – М.: ИНФРА-М, 2006. – 574 с.
2. Ермолаев, В.А. Незавершенное производство на разрезах / В.А. Ермолаев, А.А. Сысоев, Я.О. Литвин // Сборник трудов XVI международной научно-практической конференции: Экономическая безопасность России. Новые подходы к развитию угольной промышленности. – Кемерово. – 2014. – С. 200-202.
3. Ермолаев, В.А. О классификации запасов полезных ископаемых по степени их подготовленности к добыче / В.А. Ермолаев, Я.О. Литвин // Материалы IV международной научно-практической конференции: Современные тенденции и инновации в науке и производстве / Междуреченск. – 2015. – С. 30-31.
4. Хохряков, В.С. Проектирование карьеров. – М., Недра, 1980. – 336 с.
5. Затраты на вскрышные работы на этапе эксплуатации разрабатываемого открытым способом месторождения (приложение №1 к приказу Минфина России от 31.10.2012 №143н «О введении в действие документов международных стандартов финансовой отчетности на территории Российской Федерации»). Собрание законодательства РФ. 2011. №10, ст. 1385; 2012. №6, ст. 680.
6. Ермолаев, В.А. Об оценке состояния горных работ на разрезах / В.А. Ермолаев, К.А. Голубин // В кн. Пути совершенствования технологии открытой угледобычи. 55 лет кафедре ОГР. – Кемерово, 2012. – С. 63-72.
7. Литвин, Я.О. Моделирование условий горных работ разрезов / Я.О. Литвин, В.А. Ермолаев // Сб. трудов XVI международной научно-практической конференции: Экономическая безопасность России. Новые подходы к развитию угольной промышленности. – Кемерово. – 2014. – С. 197-200.
8. Ермолаев, В.А. О степени доступности запасов полезных ископаемых для добычи / В.А. Ермолаев, А.А. Сысоев, Я.О. Литвин, А.В. Селюков // Вестник КузГТУ. – 2017. – №1. – С. 26-30.
9. Ермолаев, В.А. Сравнение горно-геологических условий горных работ карьеров / В.А. Ермолаев, А.В. Селюков // Техника и технология горного дела. – 2018. – №2(2). – С. 50-64.
10. Рутковский, Б. Т. Блочный способ отработки карьерных полей с большим простираем // Уголь. – № 12. – 1959. – С. 12-15.
11. Ржевский В.В. Технология и комплексная механизация открытых горных работ. М.: Недра, 1975. – 574 с.
12. Барабанов В.Ф. Разработка крутых и наклонных пластов открытым способом с размещением пустых пород в выработанном пространстве / В.Ф. Барабанов, П.И. Томаков, И.И. Дергачев // Уголь. – №





12. – 1959. – С. 12-15.

13. Томаков П.И. Вовлечение в производство ресурса выработанного пространства – основное направление в снижении ресурсоемкости и улучшения экологических показателей угледобычи на разрезах Кузбасса / П.И. Томаков, В.С. Коваленко // ГИАБ. – №3. – 1998. – С.37-44.

14. Арсентьев А.И. Управление запасами горной массы в карьерах / А.И. Арсентьев, А.Ф. Богачев, Б.К. Оводенко, Г.Н. Сиртюк, А.Е. Сигачев. – Мурманск: Мурманское кн. изд-во, 1972. – 144 с.

15. Трубецкой К.Н. Проектирование карьеров / К.М. Трубецкой, Г.Л. Краснянский, В.В. Хронин. – М.: Из-во АГН, 2001. – т. 1. – 519 с.

16. Томаков П.И. Природоохранные технологии открытой разработки крутых и наклонных угольных месторождений Кузбасса / П.И. Томаков, В.С. Коваленко // Уголь. – 1992. – № 1. – С. 16-20.

17. Ческидов В.И. Бестранспортная технология вскрышных работ на разрезах Кузбасса: состояние и перспективы / В.И. Ческидов, В.К. Норри // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2016. – № 4. – С. 109-117.

18. Кузнецов В.И. Управление горными работами на разрезах Кузбасса. – Кемерово: Кузбассвуиздат, 1997. – 164 с.

## References

1. Proizvodstvennyj menedzhment: Uchebnik / Pod red. V.A. Kozlovskogo. – М.: INFRA-M, 2006. – 574 s.

2. Ermolaev, V.A. Nezavershennoe proizvodstvo na razrezah / V.A. Ermolaev, A.A. Sysoev, Ya.O. Litvin // Sbornik trudov XVI mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii: Ekonomicheskaya bezopasnost' Rossii. Novye podhody k razvitiyu ugol'noy promyshlennosti. – Kemerovo. – 2014. – S. 200-202.

3. Ermolaev, V.A. O klassifikatsii zapasov poleznykh iskopaemykh po stepeni ih podgotovlennosti k dobyche / V.A. Ermolaev, Ya.O. Litvin // Materialy IV mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii: Sovremennye tendentsii i innovatsii v nauche i proizvodstve / Mezhdurechensk. – 2015. – S. 30-31.

4. Khokhryakov, V.S. Proektirovanie kar'erov. – М., Nedra, 1980. – 336 s.

5. Zatraty na vskryshnye raboty na etape ekspluatatsii razrabatyvaemogo otkrytym sposobom mestorozhdeniya (prilozhenie №1 k prikazu Minfina Rossii ot 31.10.2012 №143n «O vvedenii v deystvie dokumentov mezhdunarodnykh standartov finansovoy otchetnosti na territorii Rossijskoy Federatsii»). Sobranie zakonodatel'stva RF. 2011. №10, st. 1385; 2012. №6, st. 680.

6. Ermolaev, V.A. Ob ocenke sostoyaniya gornyx rabot na razrezah / V.A. Ermolaev, K.A. Golubin // V kn. Puti sovershenstvovaniya tekhnologii otkrytoy ugledobychi. 55 let kafedre OGR. – Kemerovo, 2012. – S. 63-72.

7. Litvin, Ya.O. Modelirovanie usloviy gornyx rabot razrezov / Ya.O. Litvin, V.A. Ermolaev // Sb. trudov XVI mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii: Ekonomicheskaya bezopasnost' Rossii. Novye podhody k razvitiyu ugol'noy promyshlennosti. – Kemerovo. – 2014. – S. 197-200.

8. Ermolaev, V.A. O stepeni dostupnosti zapasov poleznykh iskopaemykh dlya dobychi / V.A. Ermolaev, A.A. Sysoev, Ya.O. Litvin, A.V. Selyukov // Vestnik KuzGTU. – 2017. – №1. – S. 26-30.

9. Ermolaev, V.A. Sravnenie gorno-geologicheskikh usloviy gornyx rabot kar'erov / V.A. Ermolaev, A.V. Selyukov // Tekhnika i tekhnologiya gornogo dela. – 2018. – №2(2). – S. 50-64.

10. Rutkovskiy, B. T. Blokovyy sposob otrabotki kar'yernykh poley s bol'shim prostiraniyem // Ugol'. – № 12. – 1959. – S. 12-15.

11. Rzhavskiy V.V. Tekhnologiya i kompleksnaya mekhanizatsiya otkrytykh gornyx rabot. М.: Nedra, 1975. – 574 s.

12. Barabanov V.F. Razrabotka krutykh i naklonnykh plastov otkrytym sposobom s razmeshcheniyem pustyykh porod v vyrabotannom prostranstve / V.F. Barabanov, P.I. Tomakov, I.I. Dergachev // Ugol'. – № 12. – 1959. – S. 12-15.

13. Tomakov P.I. Vovlecheniye v proizvodstvo resursa vyrabotannogo prostranstva – osnovnoye napravleniye v snizhenii resursoyemkosti i uluchsheniya ekologicheskikh pokazateley ugledobychi na razrezakh Kuzbassa / P.I. Tomakov, V.S. Kovalenko // GИAB. – №3. – 1998. – S.37-44.

14. Arsent'yev A.I. Upravleniye zapasami gornoy massy v kar'yerakh / A.I. Arsent'yev, A.F. Bogachev, B.K. Ovodenko, G.N. Sirt'yuk, A.Ye. Sigachev. – Murmansk: Murmanskoye kn. izd-vo, 1972. – 144 s.

15. Trubetskoy K.N. Proyektirovaniye kar'yerov / K.M. Trubetskoy, G.L. Krasnyanskiy, V.V. Khronin. – М.: Iz-vo AGN, 2001. – т. 1. – 519 s.

16. Tomakov P.I. Prirodookhrannyye tekhnologii otkrytoy razrabotki krutykh i naklonnykh ugol'nykh mestorozhdeniy Kuzbassa / P.I. Tomakov, V.S. Kovalenko // Ugol'. – 1992. – № 1. – S. 16-20.



17. Cheskidov V.I. Bestransportnaya tekhnologiya vskryshnykh rabot na razrezakh Kuzbassa: sostoyaniye i perspektivy / V.I. Cheskidov, V.K. Norri // Fiziko-tekhnicheskiye problemy razrabotki poleznykh iskopayemykh. – 2016. – № 4. – S. 109-117.

18. Kuznetsov V.I. Upravleniye gornymi rabotami na razrezakh Kuzbassa. – Kemerovo: Kuzbassvuzizdat, 1997. – 164 s.

#### **Авторы**

**Ермолаев Вячеслав Андреевич,**

докт. техн. наук, профессор кафедры открытых горных работ

e-mail: [eva.rmpio@kuzstu.ru](mailto:eva.rmpio@kuzstu.ru)

**Селюков Алексей Владимирович,**

канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой открытых горных работ

e-mail: [alex-sav@rambler.ru](mailto:alex-sav@rambler.ru)

Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева, г. Кемерово, 650000, ул. Весенняя, 28

#### **Библиографическое описание статьи**

Ермолаев, В.А. Моделирование состава и взаимосвязи элементов производственного процесса карьера / В.А. Ермолаев, А.В. Селюков // Техника и технология горного дела. – 2019. – № 2 (5). – С. 42-55.

#### **Authors**

**Vyacheslav A. Ermolaev,**

Dr. Sc. (Tech.), Professor, Open Pit Mining Department

e-mail: [eva.rmpio@kuzstu.ru](mailto:eva.rmpio@kuzstu.ru)

**Aleksei V. Selyukov,**

Cand. Sc. (Tech.), Associated Professor, Head of Open Pit Mining Department

e-mail: [alex-sav@rambler.ru](mailto:alex-sav@rambler.ru)

T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, Kemerovo, 28 Vesenniyaya st., 650000, Russian Federation

#### **Cite this article**

Ermolaev V.A., Selyukov A.V. (2019) Modeling of the composition and interrelation of the elements of the open pit mine production process, *Journal of mining and geotechnical engineering*, 2(5):42.