

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ФАКТОРОВ КВАЛИФИКАЦИИ И УСТАЛОСТИ ГОРНОРАБОЧИХ НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ОЧИСТНОГО КОМПЛЕКСА

Розроблено імітаційну модель процесу виїмки вугілля, яка враховує параметри, що характеризують готовність гірників до виконання технологічних операцій і здатність гірників відновлювати сили. Дано оцінку впливу факторів кваліфікації і втоми гірників на продуктивність очисного комплексу.

ESTIMATION OF INFLUENCING OF PROFICIENCY FACTORS AND FATIGUE OF COLLIERS ON LONGWALL SET EQUIPMENT PRODUCTIVITY

The simulation model of process of a coal winning taking into account parameters of readiness of the colliers to fulfilment of operations and capacity of the colliers to restore of physical force is designed. The estimation of influencing of the factors of proficiency and fatigue of the colliers on productivity of a longwall set of equipment is given.

С развитием средств очистной выемки угля возникает проблема полной реализации имеющегося у современных средств комплексно-механизированной подземной добычи угля технологического резерва [1-3]. Одной из причин различия в проектных и фактических показателях работы очистных комплексов является отсутствие методов расчета параметров процессов добычи, наиболее полно учитывающих возможности человека. До настоящего времени достаточно хорошо изучены процессы разрушения очистными машинами горных пород, однако почти не уделено внимания решению задачи учета возможностей человека, как основного участника процессов добычи, совместно с комплексом очистных машин. Это является актуальной научно-прикладной задачей. Ее решение позволит обоснованно выбирать оптимальные параметры процессов добычи угля, как при эксплуатации очистных комплексов, так и на стадии их проектирования и, в конечном итоге, довести эксплуатационные показатели работы комплексов до уровня проектных.

С целью учета особенностей ГРОЗ, управляющих очистным комплексом, разработан алгоритм имитационной многофакторной модели процесса добычи угля, учитывающий, помимо комплекса горно-геологических, горнотехнических, технологических, технических и организационных параметров [4], снижение скорости выполнения рабочими операций к концу смены:

$$V = V_0 e^{r_y t},$$

где V_0 – нормативная скорость выполнения операций (при случайном характере процесса – мат. ожидание скорости выполнения операций), операций/мин; e – основание натурального логарифма; t – текущее время смены, мин; r_y – интегральный коэффициент, характеризующий готовность рабочих к выполнению

технологических операций, зависящий от факторов, которые для каждого конкретного рабочего увеличивают либо снижают уровень усталости (уровень мотивированности рабочих, их квалификация, опыт, принятая система стимулирования и пр.), а также повышение уровня восстановления сил рабочими с увеличением числа и продолжительности перерывов на отдых:

$$V = V_0 e^{-t_n r_0},$$

где t_n – продолжительность перерыва на отдых рабочих, мин; r_0 – интегральный коэффициент, характеризующий способность рабочих восстанавливать силы, зависящий от возраста рабочего, его физических кондиций и пр., т.е. от всех тех факторов, которые для каждого конкретного рабочего увеличивают либо снижают уровень восстановления сил.

Оценка адекватности модели показала достаточную для проведения инженерных расчетов сходимость выходных показателей модели с фактическими показателями работы забоев шахт Западного Донбасса, абсолютное отклонение для которых не превысило 25 %.

С целью оценки влияния параметров квалификации и усталости горнорабочих на производительность очистного комплекса с помощью разработанной модели проведены аналитические исследования процесса выемки угля. Типовые условия разработки пологих пластов, для которых проводились исследования, приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Типовые горнотехнические параметры разработки пологих пластов

Условия	Мощность пластов m , м	Средняя длина лавы L , м	Тип комплекса	Скорость подачи комбайна v_n , м/мин	Проектная производительность комплекса, т/сут
Благоприятные (Б)	0,8	175	2МКД90	6-10	1200
	1,2	325	1МКДД		1400
Ограниченно-благоприятные (ОБ)	0,8	150	1МКД90	4-6	1000
	1,2	200	2МКД90		1200
Неблагоприятные (НБ)	0,8	130	КМ103	2-4	800-1000
	1,2	180	1МКД90		1000

Установлены зависимости сменной производительности забоя Q от коэффициентов r_y и r_0 (рис. 1). Аппроксимация зависимостей показала, что в первом случае зависимости носят логарифмический характер, во втором – степенной.

Установлены зависимости сменной производительности забоя от суммарной продолжительности перерывов на отдых рабочих для различных условий разработки пологих пластов (рис. 2а).

Данные параболические зависимости (рис. 2а) имеет экстремум, наличие которого объясняется тем фактом, что с одной стороны перерывы меньшей

продолжительности увеличивают время цикла по выемки угля, с другой – снижают уровень восстановления рабочими сил, что при определенных r_y влечет к существенному снижению времени выполнения рабочими операций и, наоборот, увеличение продолжительности перерывов – уменьшает время цикла и увеличивает уровень восстановления рабочими сил, что ведет к сокращению времени выполнения рабочими операций до нормативных значений. Наличие экстремума указывает на существование оптимальной продолжительности перерыва на отдых рабочих в каждой конкретной лаве. Точка же экстремума зависит как от комплекса горнотехнических, горно-геологических и технологических факторов, так от индивидуальных особенностей рабочих, осуществляющих в данном забое добычу угля, учитываемых через интегральные коэффициенты r_y и r_e .

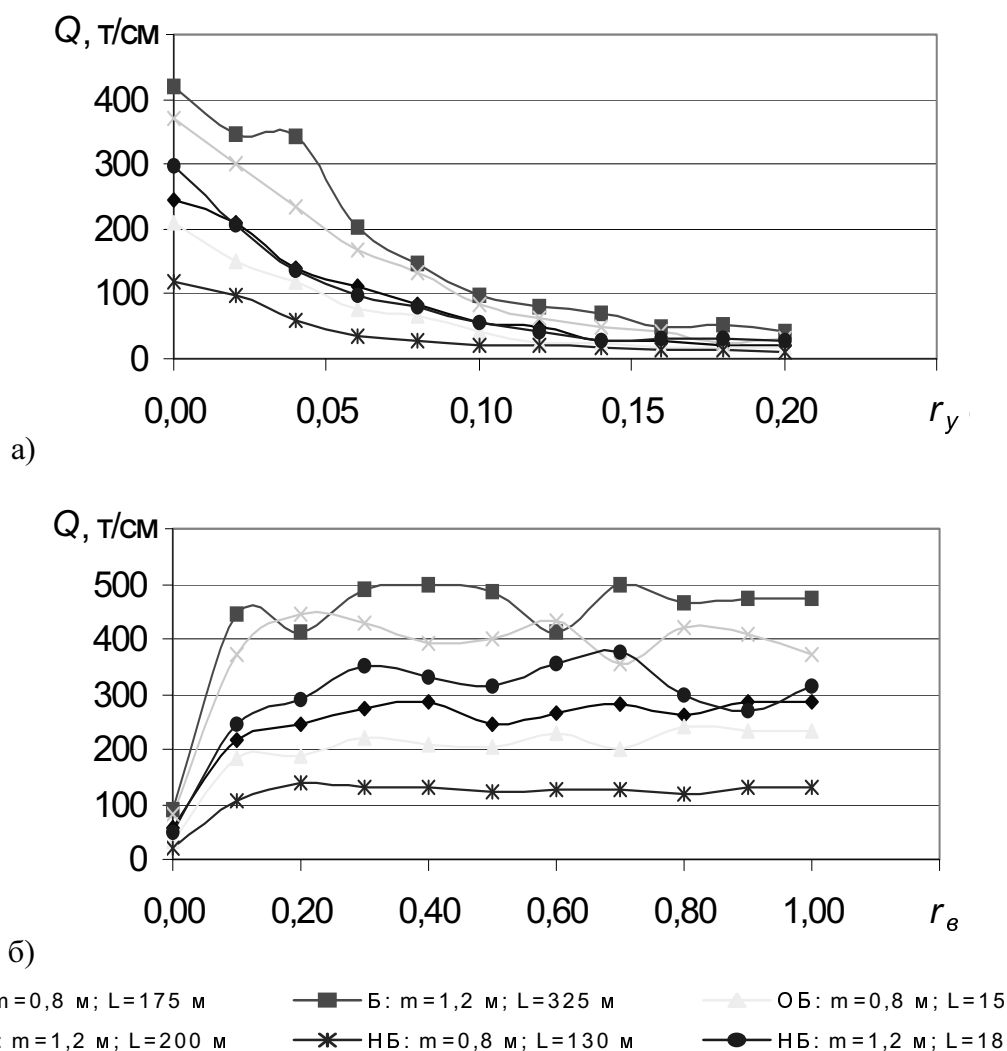


Рис. 1 – Зависимость сменной производительности забоя от коэффициента r_y (а) и коэффициента r_e (б) для различных условий разработки пологих пластов

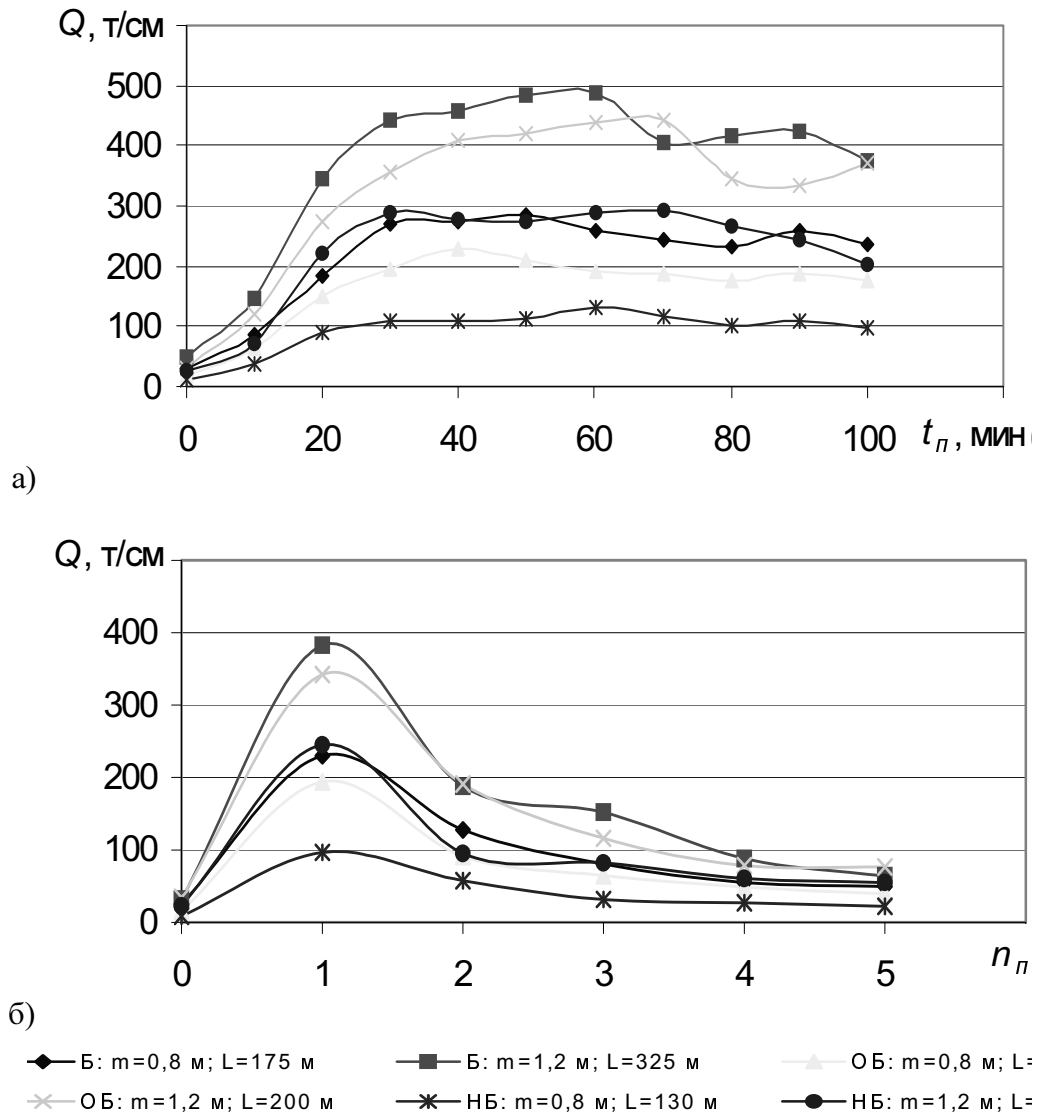
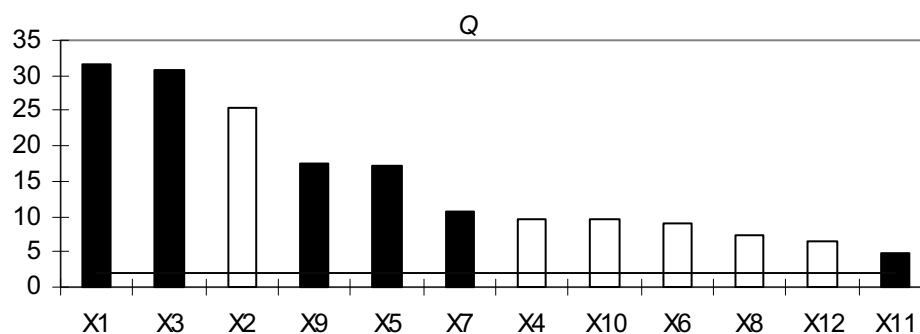


Рис. 2 – Зависимость сменной производительности забоя от суммарной продолжительности перерывов на отдых рабочих (а) и от числа перерывов на отдых рабочих при их одинаковой суммарной продолжительности $t_n = const$ (б)

Для типовых условий разработки пологих пластов установлены зависимости сменной производительности забоя от числа перерывов на отдых рабочих n_p , равномерно распределенных на временной оси, при их одинаковой суммарной продолжительности (рис. 2б). Анализ зависимостей указывает на существование единственного максимального значения, которое является оптимальным для каждого конкретного забоя. Присутствие экстремума объясняется тем, что рабочим в течение смены необходим хотя бы один перерыв для восстановления сил, с другой стороны – увеличение числа перерывов негативно отражается на машинной подсистеме, что связано с надежностью оборудования – для машин сокращается промежуток времени t_i , зависящий от продолжительности цикла, числа перерывов и их общей продолжительности, который, при определенном уровне надежности оборудования, может быть потенциально использо-

ван для добычи угля.

Для выявления коэффициентов r_y и r_g , которые относятся к основным технологическим операциям процесса выемки угля, и оказывают доминирующее влияние на показатели эффективности процесса, проведен полный факторный эксперимент. Диапазоны варьирования коэффициентов изменялись в пределах значений данных параметров, характерных для забоев Западного Донбасса (от 0 до 0,2). Результаты экспериментов указали на адекватность описания поверхностей откликов полиномом 1-й степени и на значимость всех факторов в линейном уравнении регрессии (значимость критерия Фишера для уравнения регрессии и значимость факторов по критерию Стьюдента во всех случаях превышают данные табличные значения) [5]. График интенсивности влияния коэффициентов r_y и r_g на сменную производительность забоя приведен на рис. 3 (факторы, имеющие негативное влияние на функцию отклика выделены темным оттенком, уровень значимости ограничен прямой).



X1 – r_y перемещение комбайна; X2 – r_g перемещение комбайна; X3 – r_y передвижка крепи; X4 – r_g передвижка крепи; X5 – r_y восстановление комбайна; X6 – r_g восстановление комбайна; X7 – r_y восстановление крепи; X8 – r_g восстановление крепи; X9 – r_y проведение регламентных перерывов; X10 – r_g проведение регламентных перерывов; X11 – r_y восстановление забоя по горным факторам; X12 – r_g восстановление забоя по горным факторам

Рис. 3 – Интенсивность влияния факторов r_y и r_g на сменную производительность очистного забоя

Анализ результатов свидетельствует о доминирующем влиянии на производительность забоя факторов X1, X3, X2, X9, X5 и X7. Данные параметры, за исключением X2, характеризуют готовность рабочих к выполнению операций в течение смены. Значимость прочих факторов ниже, данные факторы X10, X6, X4, X8, X12 характеризуют способность рабочих восстанавливать силы. Анализ результатов позволяет сделать вывод о существенно большем влиянии на эффективность добычи угля таких способностей человека как опыт, квалификация, мотивированность, принятая система стимулирования и о меньшем влиянии факторов, характеризующих возраст и физические кондиции рабочих.

Установленные многофакторные зависимости также свидетельствуют о том, что факторы, относящиеся к таким технологическим операциям как управление комбайном и передвижка секций крепи являются наиболее важными с точки зрения требований к квалификации, опыту и физическим кондициям рабочих. На основании того, что картина интенсивности влияния коэффициентов на эффективность добычи будет различна для каждого забоя, можно также предложить дифференцированный подход к подбору рабочих для каждого конкретного забоя, определяя доминирующий фактор для каждого забоя можно находить «узкое место» в системе «звено ГРОЗ – очистной комплекс» и дифференцированно осуществлять подбор кадров.

Выводы:

– производительность процесса комплексно-механизированной подземной выемки угля в настоящее время в большей степени ограничивается не техническими возможностями современных средств угледобычи, а факторами, характеризующими взаимосвязи системы «звено ГРОЗ – очистной комплекс». При благоприятных условиях разработки пологих пластов на производительность современных очистных комплексов существенное влияние оказывают факторы квалификации и усталости горнорабочих, что указывает на необходимость совершенствования, как технологии комплексно-механизированной разработки, так и подходов к учету влияния индивидуальных особенностей горнорабочих на производительность процессов добычи;

– разработанный новый алгоритм моделирования процесса выемки угля позволяет учитывать и давать количественную оценку влияния на производительность комплексно-механизированных очистных забоев параметров, характеризующих готовность рабочих к выполнению технологических операций и способность рабочих восстанавливать силы;

– производительность комплексно-механизированного очистного забоя снижается в логарифмической зависимости с уменьшением коэффициента, характеризующего готовность рабочих к выполнению технологических операций, и увеличивается в степенной зависимости с ростом коэффициента, характеризующего способность рабочих восстанавливать силы;

– зависимости производительности процесса выемки угля от продолжительности и числа перерывов на отдых рабочих носят параболический характер, при этом экстремальное значение производительности определяется отношением коэффициентов, характеризующих готовность рабочих к выполнению технологических операций и способность рабочих восстанавливать силы;

– доминирующее влияние на производительность очистного забоя оказывают факторы, характеризующие готовность рабочих к выполнению технологических операций (квалификация, опыт, уровень мотивации и стимулирования); в значительно меньшей степени данный показатель определяется факторами, характеризующими способность рабочих восстанавливать силы (возраст и физические кондиции);

– система материального стимулирования горнорабочих должна быть пересмотрена. В усовершенствованной системе материального стимулирования та-

рифные ставки и размеры премий должны напрямую зависеть от степени влияния индивидуальных особенностей каждого из рабочих на эффективность процессов добычи;

– нормативные документы и инструкции должны включать составной частью методики расчета и выбора рациональных организационных параметров процессов добычи угля, с комплексным учетом как горнотехнических, горно-геологических и технологических факторов, так и индивидуальных особенностей горнорабочих;

– основные научно-технические и научно-организационные принципы совершенствования комплексно-механизированной технологии угледобычи заключаются в дифференцированном подборе кадров, основанном на выявлении «узких» мест в процессе выемки угля, как сложной человеко-машинной системе, с учетом влияния параметров квалификации и усталости машинистов, и механизации основных процессов перемещения машинистов комбайна и крепи в пределах выемочного участка.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сургай Н.С., Виноградов В.В., Кияшко Ю.И. Производительность очистных комплексов нового технического уровня и пути ее повышения // Уголь Украины. – 2001. № 6. – С. 3-5.
2. Сургай Н.С., Виноградов В.В., Кияшко Ю.И. О готовности шахт к применению оборудования нового технического уровня // Уголь Украины. – 2001. № 7. – С. 3-5.
3. О необходимости реализации технологических резервов шахт / Н.С. Сургай, Ю.И. Кияшко, В.В. Косарев, А.И. Коваль // Уголь Украины. – 2005. № 2. – С. 9-10.
4. Шевченко В.Г. Разработка и реализация имитационной модели технологических процессов добычи угля из тонких пологих пластов // Науковий вісник Національного гірничого університету / НГУ. - Дніпропетровськ. – 2003. – № 7. – С. 6-10.
5. Налимов В.В., Чернова Н.А. Статистические методы планирования экстремальных экспериментов. – М.: Наука, 1965. – 340 с.

УДК 622.268.12:622.833

М.А. Ильяшов, Е.Н. Халимендигов

ОБЕСПЕЧЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК ПРИ ИНТЕНСИВНОЙ ОТРАБОТКЕ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ

Наведені результати досліджень стійкості гірничих порід та земної поверхні при підземній розробці вугільних пластів.

THE INCREASE OF COAL MASSIF FIRMNESS DURING INTENSIVE PROCESSING OF COAL SEAMS

The results of mountain rocks firmness and the earth surface during underground working of coal seams have been provided.

В последние 30-40 лет при отработке угольных пластов пологого и наклонного падения нашли широкое применение механизированные комплексы. Технологией выемки угля с помощью механизированных комплексов предусматривается полное обрушение кровли, что оказывает существенное влияние на геомеханические преобразования горного массива и земной поверхности. При