

УДК 622.232.72.001.57:658.386

**Ю.И. Кияшко**, д-р техн. наук,  
**В.Г. Шевченко**, канд. техн. наук,  
Институт геотехнической механики  
им. Н.С. Полякова НАН Украины

## **АНАЛИЗ И ПРОГНОЗ РАЗВИТИЯ СРЕДСТВ МЕХАНИЗИРОВАННОЙ ВЫЕМКИ УГЛЯ С УЧЕТОМ БИОМЕХАНИЧЕСКИХ И ПСИХОФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ГОРНОРАБОЧИХ**

*Выполнен ретроспективный анализ и выделены тенденции развития технологии и средств механизированной выемки угля из пологих пластов с учетом биомеханических и психофизических параметров горнорабочих. Изложены особенности способа управления очистным комбайном, обеспечивающего повышение безопасности и производительности угледобычи.*

**средства механизированной выемки угля, пологие пласты, биомеханические и психофизические параметры горнорабочих, безопасность и производительность угледобычи**

### ***Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.***

При стабильном развитии выемочной техники и постоянно повышающейся проектной производительности очистных комбайнов технология угледобычи за последние десятилетия существенно не изменилась. Неотъемлемой частью технологии комплексно-механизированной угледобычи остается горнорабочий. Непрерывно возрастающие энерговооруженность, скорость подачи и производительность добычной техники предъявляют новые требования к горнорабочим, которые должны в полной мере обеспечивать реализацию ее проектных резервов в процессе выемки угля [1]. Особенно актуальна данная проблема для высоконагруженных забоев, оборудованных современными комплексами нового технического уровня. Решение данной проблемы обуславливает необходимость анализа и прогноза развития средств механизированной выемки угля с учетом параметров горнорабочих, а также обоснования и разработки новых способов управления очистными комбайнами, обеспечивающих повышение безопасности и производительности процессов угледобычи.

***Анализ исследований и публикаций.*** Исследованию и разработке средств очистной выемки угля из пологих пластов посвящены работы ученых ведущих научно-исследовательских и проектно-конструкторских институтов и организаций [2, 3], исследованию па-

раметров человека, как участника процессов угледобычи, на основе использования вероятностно-статистического подхода, анализа и оптимизации, в первую очередь, организационных параметров звена ГРОЗ, посвящены работы [4-7]. Однако не исследованы тенденции развития технологии и средств механизированной выемки угля из пологих пластов с учетом биомеханических и психофизических параметров горнорабочих.

**Постановка задачи.** Выполнить анализ и прогноз развития технологии и средств механизированной выемки угля из пологих пластов с учетом биомеханических и психофизических параметров горнорабочих и обосновать способ управления очистным комбайном, обеспечивающий повышение безопасности и производительности процессов угледобычи.

**Изложение материала и результаты.** Основные характеристики этапов развития технологии и средств механизированной выемки угля из пологих пластов представлены в табл. 1. В развитии технологии и средств механизированной выемки угля можно выделить следующие основные этапы: до 1950 г. выемка угля производилась преимущественно буровзрывным способом с бурением шпуров при помощи буровых станков и предварительной зарубкой пласта врубовой машиной, управляемой машинистом [8]. Транспортировка угля по лаве осуществлялась качающимся конвейером, навалка угля на конвейер производилась горнорабочими вручную. Откатка угля по участковым и магистральным выработкам осуществлялась в вагонетках, до 1940 года вагонетки перемещались вручную, после - применялась электровозная откатка. Крепление производилось деревянными стойками. В 1950-1960 гг. на смену буровзрывному способу отбойки угля и врубовым машинам пришли широкозахватные комбайны, при благоприятных условиях разработки применялись струги. Транспортировка угля по лаве производилась разборными скребковыми конвейерами, по участковым выработкам – ленточными конвейерами, по магистральным штрекам – электровозами в вагонетках. Крепление лавы осуществлялось индивидуальной крепью (металлические призабойные, посадочные стойки). 1960-1970 гг. – начало внедрения узкозахватных комбайнов и применения механизированных крепей. Транспортировка угля по лаве – скребковыми конвейерами, по откаточным выработкам – ленточными. 1970-2000 гг. – внедрение механизированных комплексов 1-го (1970-1975 гг.), 2-го (1975-1985 гг.), 3-го (1985-1990 гг.) и 4-го (1990 – 2000 гг.) поколений. После 2000 г. -

разработка и внедрение комбайновых и струговых механизированных комплексов нового технического уровня.

Таблица 1 – Характеристики этапов технологии и средств механизированной выемки угля

Процесс (параметр)	до 1950 г.	1950-1960 гг.	1960-1970 гг.	1970-2000 гг.	после 2000 г.	
Выемка угля	Врубовая машина	Широкозахватный комбайн. Струг	Узкозахватный комбайн	Механизированные комплексы 1-4 поколений	Механизированные комплексы НГУ	
Крепление	Деревянная крепь, посадочные стойки	Индивидуальная металлическая крепь, посадочные стойки	Механизированная крепь	(узкозахватный комбайн (струг), механизированная крепь, скребковый конвейер)	(узкозахватный комбайн (струг), механизированная крепь, скребковый конвейер)	
Транспортировка по лаве	Качающийся конвейер	Разборной скребковый конвейер	Передвижной скребковый конвейер	скребковый конвейер)	скребковый конвейер)	
График организации работ	Циклический					
Основные функции	Машинист	Перемещение по лаве, управление выемочной машиной				
	ГРОЗ	Бурение шпуров, навалка угля, установка/извлечение стоек крепи, передвижка конвейера	Зачистка угля, установка/извлечение стоек крепи, задвижка конвейера, оформление ниш	Зачистка угля, передвижка секций крепи, задвижка конвейера, оформление ниш		
Характер труда	Машинист	Средней тяжести	Средней тяжести	Средней тяжести	Тяжелый	Очень тяжелый
	ГРОЗ	Очень тяжелый	Тяжелый	Средней тяжести	Средней тяжести	Средней тяжести
Резерв времени на принятие решения	Машинист	Большой	Большой	Средний	Средний	Низкий
	ГРОЗ	Большой	Большой	Средний	Средний	Низкий

Отличие в основных функциях горнорабочих заключается в переходе от ручного труда к частично-механизированному, это касается, прежде всего, процессов передвижки конвейера, секций крепи, навалки угля на конвейер. Функции машиниста выемочной машины существенно не изменились. Характер труда горнорабочих менялся от очень тяжелого до средней тяжести, для машиниста выемочной машины – от средней тяжести до очень тяжелого.

Качественная оценка резерва времени на принятие решения показывает, что при выемке угля с применением врубовых машин и широкозахватных комбайнов горнорабочие имели большее время на оценку ситуации, обдумывание и принятие наиболее оптимальных решений, с началом применения механизированных комплексов данный показатель постепенно уменьшается.

Основные параметры средств механизированной выемки тонких пологих пластов с учетом тенденций развития технологии представлены в табл. 2; на рис. 1 приведены тенденции изменения основных параметров средств механизированной выемки тонких пологих пластов. Данные табл. 2 и рис. 1 свидетельствуют об увеличении энерговооруженности и производительности средств механизированной угледобычи, нагрузки на лаву, темпов подвигания забоев, производительности труда горнорабочих. Для современных средств добычи характерны более широкие диапазоны горнотехнических условий их применения: углы залегания, сопротивляемость разрушению пластов резанием, длина лавы. При этом надежность процесса добычи повысилась не существенно, а численность комплексной бригады горнорабочих несколько возросла. Удельные энергозатраты на добычу угля имеют тенденцию к понижению. Прогноз основных показателей средств механизированной выемки тонких пологих пластов показывает, что в прогнозном периоде, который с учетом тенденций и этапов развития средств механизированной выемки тонких пологих пластов составляет 10-15 лет, производительность выемочных машин в среднем возрастет до 12-14 т/мин, нагрузка на забой составит 4000-4500 т/сут, подвигание забоя – 10-12 м/сут, производительность труда горнорабочего составит 60-65 т в смену.

При выраженной тенденции к повышению производительности, параметры организации процессов в лаве и основные функции горнорабочих остаются практически неизменными. Так, для всех этапов развития средств механизированной добычи угля характерно присутствие подготовительных, заключительных, концевых операций, регламентных перерывов, а горнорабочие выполняют схожие основные функции: управление выемочной машиной, передвижка крепи и конвейера, зачистка и погрузка угля на конвейер, оформление ниш.

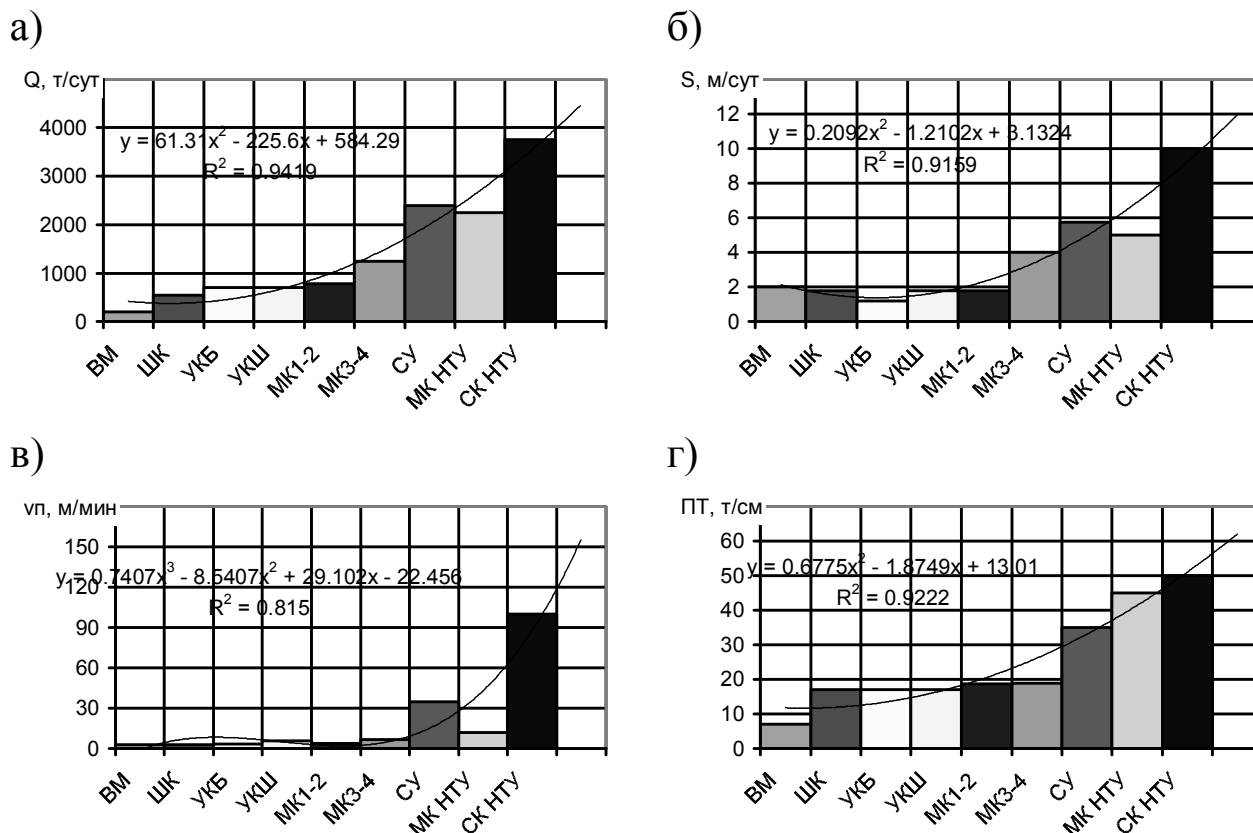
Таким образом, главным направлением совершенствования технологии угледобычи до настоящего времени остается развитие средств механизации, в первую очередь за счет увеличения их энерговооруженности, скорости подачи и производительности.

Таблица 2 - Основные параметры средств механизированной выемки пологих пластов

Параметр	Частично механизированная	Комбайновая			Комплексно-механизированная				
		Врубная машина	Широкозахватные	Узкозахватные		Комбайновые комплексы			Струговые установки
	баранные			шнековые	1-2 поколений	3-4 поколений	НТУ		
Длина лавы, м	90-150	120-150	120-150	120-150	120-150	200-220	200-350	60-200	150-250
Величина захвата, м	2,0	1,6-2,0	0,8-1,0	0,63; 0,8	0,63; 0,8	0,63; 0,8	0,63; 0,8	0,06-0,1	0,04-0,16
Производительность, т/мин	1,8	0,95-2,6	1,35-2,8	1,2-3,4	3-5	5-8	4-10	1,8-10	6-12
Нагрузка на лаву, т/сут	100-300	500-600	600-800	600-800	700-900	1000-1500	1500-3000	1000-2400	2500-5000
Подвигание забоя, м/сут	2	1,6-2	0,8-1,6	1,2-2,4	1,2-2,4	3,6-4,2	4,6-5,2	5-7	7-12
Коэффициент готовности выемочной машины	0,8-0,85	0,2	0,3-0,35	0,3	0,3	0,35	0,4-0,8	0,4-0,58	0,35-0,45
Суммарная мощность двигателей, кВт	75	40-95	65-120	110-115	120-190	200-315	420	20-90	220-500
Максимальная скорость подачи, м/мин	2,8	2,8-3,5	2,7-4	6	4-6	5-10	12-20	28-40	35-130
Удельные энергозатраты, кВт ч/т	0,8-1	2,6-2,8	2,2,-2,3	1,8-2,1	2,3-2,6	2-2,2	1,6-1,75	0,3-0,4	1,1-1,25
Численность бригады, чел	10-12	10-12	14-16	14-16	10-12	15-18	18-20	18-20	12-20
Производительность труда, т/чел-см.	5-10	15-20	15-20	15-20	16-19	18-20	20-55	30-40	40-60

Так, скорость подачи современных комбайнов достигает 12-20, а стругов 100-120 м/мин. Однако, если для технологии струговой обработки пластов характерно дистанционное управление стругом, то для комбайновой выемки остается необходимость в перемещении маши-

ниста по лаве вслед за выемочной машиной. Значения скорости подачи на прогнозируемый период будут в среднем составлять: для очистных комбайнов - 30-35, для стругов - 150-160 м/мин.



ВМ – врубная машина, ШК – широкозахватный комбайн, УКБ – узкозахватный комбайн барабанный, УКШ – узкозахватный комбайн шнековый, МК1-2, МК3-4 – механизированные комплексы 1-2-го и 3-4-го поколений, СУ – струговые установки, МК НТУ – механизированные комплексы нового технического уровня, СК НТУ – струговые комплексы нового технического уровня

Рисунок 1 - Тенденции изменения основных параметров механизированной выемки тонких пологих пластов

а) нагрузки на лаву  $Q$ , б) подвигания забоя  $S$ , в) скорости подачи выемочной машины  $v_n$ , г) производительности труда горнорабочих  $ПТ$

Повышение скорости подачи очистных комбайнов требует от машинистов увеличения затрат энергии на перемещение по лаве, повышение же скорости движения стругов сопровождается увеличением темпов процессов добычи, а следовательно, и темпов поступления к машинисту информации о текущей ситуации в забое, состоянии горного массива, средств добычи и пр.

Зависимость энергозатрат машиниста от скорости перемещения по лаве имеет следующий вид [9-11]

$$E = E_0 + b_1v + b_2v^2,$$

где  $v$  - скорость передвижения, м/мин;  $E_0$  - затраты энергии в состоянии покоя, Вт;  $b_1$  и  $b_2$  - коэффициенты, характеризующие соответственно линейный и квадратичный компоненты реакции организма на нагрузки умеренной, большой и субмаксимальной относительной мощности (согласно [9-11] для случая перемещения машиниста по лаве в положении «полулежа» приняты следующие параметры:  $E_0=280$  Вт,  $b_1=6$ ,  $b_2=2$ ).

Для оценки экономичности перемещения машиниста в процессе выемки целесообразно ввести показатель экономичности, обратный энергозатратам машиниста на 1 тонну горной массы

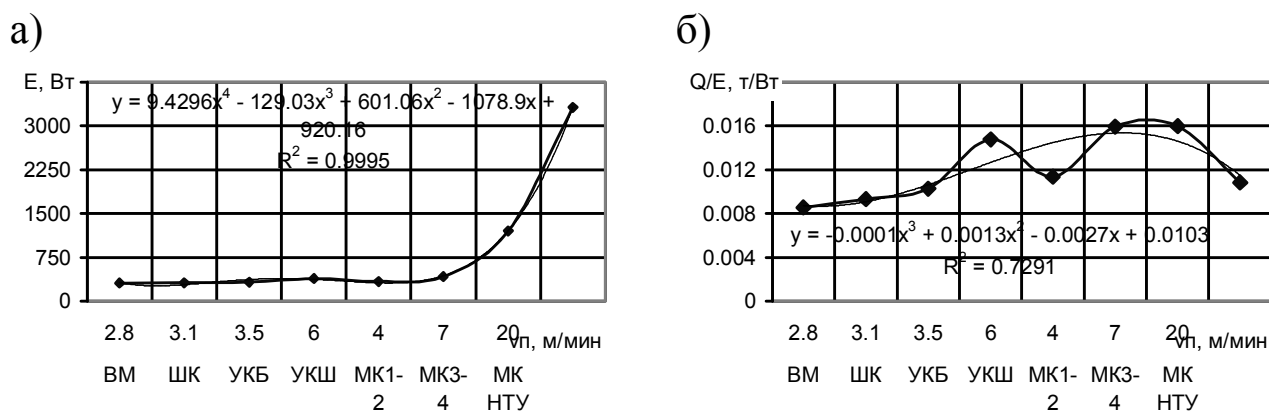
$$KЭ = \frac{Q}{E} = \frac{vmr\gamma}{E} = \frac{mr\gamma}{E_0/v + b_1 + b_2v},$$

где  $E$  - общие затраты энергии, Вт;  $E_0$  - затраты энергии в состоянии покоя, Вт;  $Q$  - количество добываемого угля, т/мин;  $v$  - скорость передвижения машиниста, м/мин;  $m$  - мощность пласта, м;  $r$  - ширина захвата комбайна, м;  $\gamma$  - плотность горной массы, т/м<sup>3</sup>.

Изменение энергозатрат и показателя экономичности перемещения машиниста от скорости подачи, характерной для различных средств механизированной выемки тонких пологих пластов, приведена на рис. 2. Анализ данных свидетельствует, что тенденция повышения скорости подачи комбайнов будет сопровождаться повышением затрат энергии машиниста на перемещение по лаве. Так, затраты энергии машиниста при прогнозируемых скоростях подачи (30-35 м/мин) будут в 5-10 раз превышать затраты энергии при перемещении вслед за врубовыми машинами и очистными комбайнами 1-4 поколений. Показатель экономичности достигает своего оптимального значения 0,016 т/Вт для механизированных комплексов 3-4 поколений, а затем резко понижается, а его прогнозные значения составят 0,01-0,012 т/Вт, что приближается к значениям данного показателя для врубовых машин.

Таким образом, тенденция повышения скорости подачи и производительности средств очистной выемки угля в ближайшей перспективе будет сопровождаться существенными затратами энергии горнорабочего на перемещение по лаве, а показатель экономичности перемещения будет иметь тенденцию к резкому снижению.

Увеличение темпов угледобычи предъявляет высокие требования к организации и слаженности взаимодействия горнорабочих



VM – врубовая машина, ШК – широкозахватный комбайн, УКБ – узкозахватный комбайн барабанный, УКШ – узкозахватный комбайн шнековый, МК1-2, МК3-4 – механизированные комплексы 1-2-го и 3-4-го поколений, МК НТУ – механизированные комплексы нового технического уровня

Рисунок 2 - Изменение энергозатрат (а) и показателя экономичности машиниста (б) от скорости подачи, характерной для различных средств механизированной выемки тонких пологих пластов

между собой в процессе управления добычной техникой. Критерием надежности работы системы «звено ГРОЗ - очистной комплекс» с учетом психофизических параметров горнорабочих является вероятность безотказной работы

$$p = \prod_{i=1}^n p_i = \prod_{i=1}^n \ln(1 + I_{Pi} I_{Ti} I_{Di}), \quad (1)$$

где  $n$  - число горнорабочих комплексной бригады;  $I_{Pi}$ ,  $I_{Ti}$ ,  $I_{Di}$  - показатели полноты, своевременности и достоверности информированности горнорабочих, зависящие от количества информации, поступающей к горнорабочему, времени реализации решения, длительности периода от момента начала формирования решения до момента его окончания, опыта, квалификации (навыка) рабочих, определяющих скорость переработки информации, эмоционального состояния, темперамента личности, индивидуальных психофизиологических особенностей [12, 13].

Производительность выемочного комбайна с учетом (1) будет определяться выражением

$$q = mr\gamma_n P = mr\gamma_n \ln(1 + I_{Pi} I_{Ti} I_{Di})^n,$$

струговой установки

$$q = mh\gamma_c P = mh\gamma_c \ln(1 + I_{Pi} I_{Ti} I_{Di})^n,$$



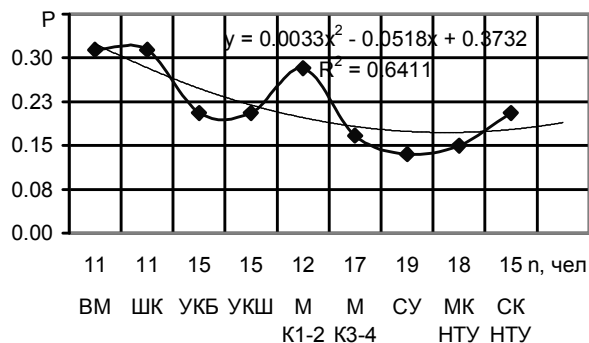
где  $m$  - вынимаемая мощность пласта, м;  $r$  - ширина захвата комбайна, м;  $\gamma$  - объемная плотность угля, т/м<sup>3</sup>;  $h$  - толщина стружки, м;  $v_n$  - скорость подачи комбайна, м/мин;  $v_c$  - скорость движения струга, м/мин.

Поскольку число горнорабочих в забое, оборудованном комбайновым комплексом НТУ, превышает данный параметр, как для стругов, комплексов 1-3 поколений, так и для врубовой машины, что связано, прежде всего, с увеличением длины лавы и отсутствием эффективных средств дистанционного управления процессом передвижки секций крепи, следовательно и надежность системы «звено ГРОЗ – очистной комплекс» при прочих равных условиях будет ниже. Зависимость вероятности безотказной работы системы «звено ГРОЗ – очистной комплекс» от численности горнорабочих комплексной бригады, в предположении одинакового уровня их информированности (1), приведена на рис. 3 а. Повышение темпов добычи увеличивает количество информации, поступающей к горнорабочему, сокращает ресурс времени на ее переработку, формирование и реализацию решения. Зависимость вероятности безотказной работы системы «звено ГРОЗ – очистной комплекс» от показателя своевременности информированности (количества поступающей информации и ресурса времени реализации решения) приведена на рис. 3б. Анализ графиков свидетельствует о том, что вероятность безотказной работы, при прочих равных условиях, снижается с увеличением количества горнорабочих в комплексной бригаде. Следовательно, надежность системы «звено ГРОЗ – очистной комплекс» при выемке угля комплексами НТУ в целом ниже, чем при выемке угля комплексами 1-4 поколений и врубовыми машинами.

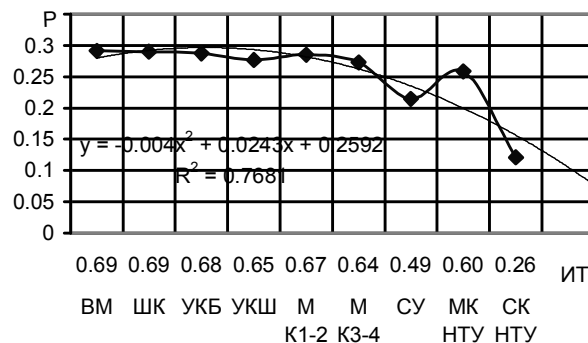
С увеличением скорости подачи, темпов процесса выемки, сокращением ресурса времени на реализацию решения и увеличением количества поступающей к горнорабочим информации вероятность безотказной работы системы «звено ГРОЗ – очистной комплекс» будет снижаться в параболической зависимости. Так, вероятность безотказной работы данной системы для комбайновых комплексов НТУ будет в 1,5 раза, а для струговых – в 2-2,5 раза ниже, чем при выемке угля врубовыми машинами, комбайнами и комплексами 1-2 поколений. Прогнозные значения скоростей подачи также свидетельствуют о резком снижении надежности работы такой системы. Однако в данном случае увеличение численности горнорабочих может положи-

тельно сказаться на надежности, так как общее количество информации будет распределено между членами бригады.

а)



б)



ВМ – врубовая машина, ШК – широкозахватный комбайн, УКБ – узкозахватный комбайн барабанный, УКШ – узкозахватный комбайн шнековый, МК1-2, МК3-4 – механизированные комплексы 1-2-го и 3-4-го поколений, СУ – струговые установки, МК НТУ – механизированные комплексы нового технического уровня, СК НТУ – струговые комплексы нового технического уровня

Рисунок 3 – Изменение вероятности безотказной работы системы «звено ГРОЗ – очистной комплекс» от численности комплексной бригады (а) и показателя своевременности информированности (б) для различных средств механизированной выемки тонких пологих пластов

С учетом тенденций развития технологии и средств механизированной добычи угля с целью сокращения времени переработки информации и повышения ресурса времени реализации решения должны предъявляться большие требования к слаженности работы бригады, распределению обязанностей и между ее членами, психологии поведения человека в коллективе. При оценке надежности системы «звено ГРОЗ – очистной комплекс» необходимо руководствоваться принципом равномерного распределения информации между членами комплексной бригады, в соответствии с их навыками, опытом, квалификацией.

Проведенный анализ дает основу для разработки нового способа управления очистным комбайном и устройства, обеспечивающего механизацию перемещения машиниста по лаве [14-16]. Способ заключается в автоматизации управления и контроля параметров очистного комбайна, оперативном получении и выдаче информации на монитор и отличается тем, что машинист-оператор получает информацию о параметрах технологического процесса выемки, элементов очистного комбайна, обрабатывает ее и с помощью системы поддержки принятия решений, формирует управляющие команды, кото-

рые при помощи пультов управления передаются очистного комбайну. Устройство обеспечивает механизацию перемещения машиниста по лаве, позволяет минимизировать энергозатраты машиниста в процессе выемки, избегать травм, повысить концентрацию внимания, время латентного периода сенсомоторных реакций, в целом вероятность безошибочной работы машиниста.

Схема устройства для управления очистными комбайнами КДК500 и УКД300 приведены на рис. 4.

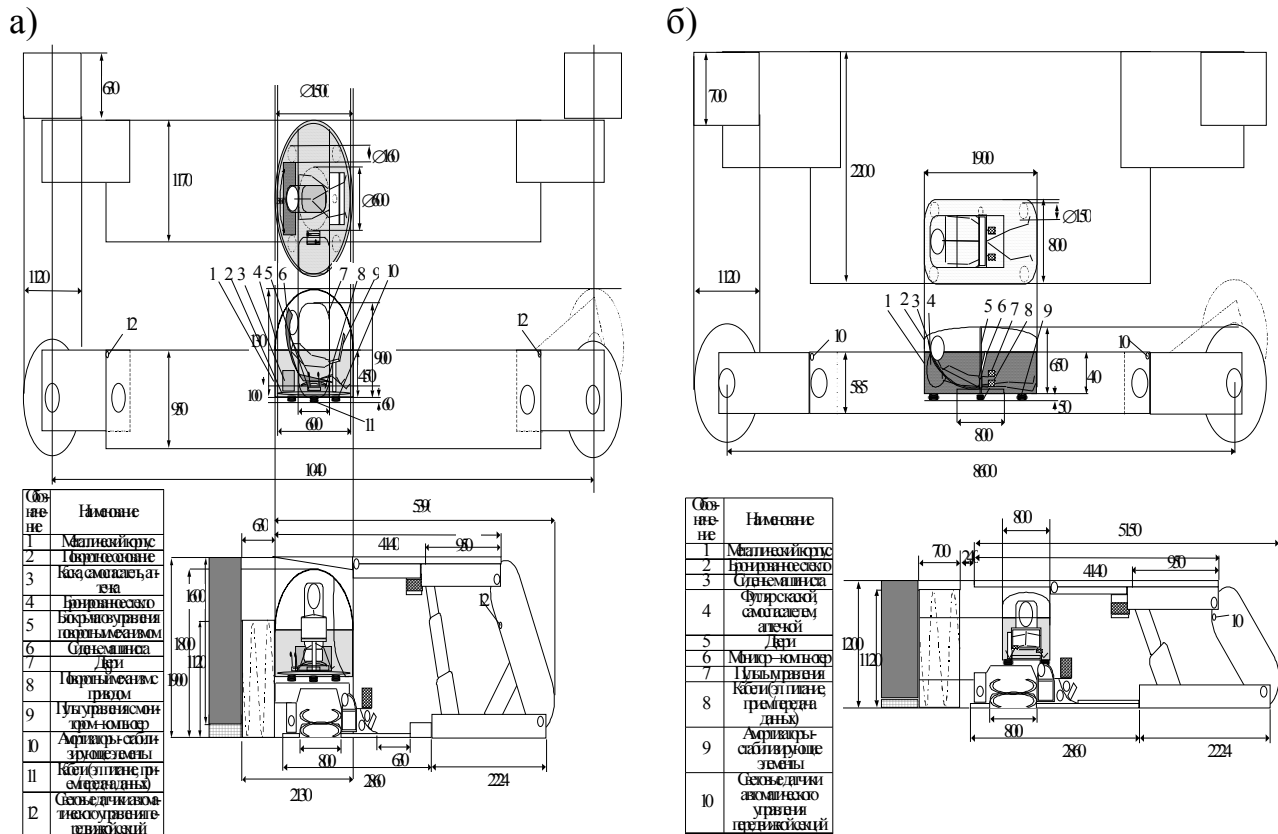


Рисунок 4 – Способ и устройство для управления очистным комбайном  
а) КДК500 и б) УКД300

Металлический корпус и плотно прилегающее к нему бронированное стекло обеспечивают защиту и микроклимат внутри кабины. Бронированное стекло, обеспечивает круговой обзор для машиниста. Съемное сиденье, перемонтируется для комбайна УКД300 на 180 град при обратном движении комбайна при челноковой выемке. Монитор-компьютер, прикрепленный к металлической стойке по середине с правой стороны (для комбайна УКД300), обеспечивает визуализацию информации с датчиков и каналов связи, обеспечивает удобство и оперативность управления очистным комбайном. Футляр с каской, самоспасателем, обеспечивающими защиту машиниста при перемещении по выработкам, аптечкой, для оказания первой меди-

цинской помощи, и инструментом, обеспечивающим возможность мелкого текущего ремонта очистного комбайна. Пульты управления обеспечивают удобство управления на основе визуальной информации и информации с монитора. Амортизаторы - стабилизирующие элементы, которые крепятся к корпусу очистного комбайна, обеспечивают снижение вибраций, передаваемых от корпуса комбайна. Кабели приема-передачи данных с датчиков и каналов связи для передачи данных на монитор компьютера и с пультов управления очистным комбайном, расположенные по центру справа. Датчики автоматического управления передвижкой секций, расположенные на корпусе очистного комбайна по обеим его сторонам сверху и на секциях механизированной крепи, обеспечивают автоматическую передвижку секций механизированной крепи и забойного конвейера при совпадении световых сигналов.

Отличие устройства для управления очистным комбайном КДК500 от устройства для комбайна УКД300 состоит в том, что в первом случае при челноковой схеме выемки и изменении направления движения комбайна машинисту не надо покидать кабину, что обеспечивается наличием поворотного механизма. Во втором случае при изменении направления выемки машинист выходит из кабины и вручную перемонтирует сиденье. Габаритные размеры устройств управления вписываются в размеры поперечного сечения корпуса комбайна, что не уменьшает живое пространство очистного забоя и не препятствует подаче необходимого для вентиляции количества воздуха.

Предложенный способ в целом направлен на повышение безопасности, снижение уровня травматизма горнорабочих и повышение производительности процесса добычи, реализацию технических возможностей современных высокопроизводительных механизированных комплексов.

### ***Выводы и направления дальнейших исследований.***

1. Главным направлением совершенствования технологии угледобычи является увеличение энерговооруженности, скорости подачи и производительности выемочных машин. До сих пор передвижение людей по лаве не механизировано, поэтому повышение скорости подачи очистных комбайнов требует от машинистов увеличения затрат энергии на перемещение, повышение скорости движения стругов сопровождается увеличением темпов поступления к горнорабочему информации и сокращением ресурса времени на реализацию решения.

2. Тенденция повышения скорости подачи и производительности средств очистной выемки угля сопровождается существенными затратами энергии горнорабочего на перемещение по лаве, а показатель экономичности перемещения имеет тенденцию к резкому снижению. Предельная скорость подачи в ближайшем будущем будет трудно соизмерима со скоростью перемещения и энергозатратами человека. Затраты энергии машиниста комбайна при прогнозируемых скоростях подачи 30-35 м/мин будут в 5-10 раз превышать затраты энергии при перемещении вслед за врубовыми машинами и очистными комбайнами 1-4 поколений. Показатель экономичности перемещения машиниста по лаве достигает своего оптимального значения 0,016 т/Вт для механизированных комплексов 3-4 поколений, а затем резко понижается; его прогнозные значения составят 0,01-0,012 т/Вт, что приближается к значениям данного показателя для врубовых машин.

3. Надежность системы «звено ГРОЗ – очистной комплекс» по факторам «человеконасыщенность» и «быстрота принятия решения» снижается в параболической зависимости с увеличением количества горнорабочих в комплексной бригаде и темпов процесса выемки; вероятность безотказной работы такой системы с учетом тенденций повышения производительности и скорости подачи выемочных машин будет в 1,5-2 раза ниже, чем при выемке угля врубовыми машинами, комбайнами и комплексами 1-2 поколений.

4. Раньше средства добычи были более примитивные, однако было больше времени на обдумывание ситуаций и принятие решений. С целью сокращения времени переработки информации, повышения ресурса времени для принятия правильного решения в опасной и аварийной ситуации должны предъявляться большие требования к слаженности работы бригады, распределению обязанностей и между ее членами, психологии поведения человека в коллективе. При оценке надежности системы «звено ГРОЗ – очистной комплекс» необходимо руководствоваться принципом равномерного распределения информации между членами комплексной бригады, в соответствии с их навыками, опытом, квалификацией.

5. На основании проведенного анализа предложен новый способ управления очистным комбайном и устройство, обеспечивающего механизацию перемещения машиниста по лаве:

- способ заключается в автоматизации управления и контроля параметров очистного комбайна, оперативном получении и выдаче информации на монитор, который отличается тем, что машинист-

оператор получает полную, своевременную и достоверную информацию о параметрах технологического процесса выемки, элементов очистного комбайна, обрабатывает ее и с помощью системы поддержки принятия решений формирует управляющие команды, которые при помощи пультов управления передаются очистному комбайну;

- устройство, которое содержит металлический корпус, бронированное стекло, сиденье машиниста, футляр с каской, самоспасателем, аптечкой, двери, монитор – компьютер, пульта управления, кабели электропитания и приема-передачи данных, четыре амортизатора - стабилизирующих элемента, световые датчики автоматического управления передвижкой секций механизированной крепи, обеспечивает механизацию перемещения машиниста по лаве, позволяет минимизировать энергозатраты машиниста в процессе выемки, избегать травм, повысить концентрацию внимания, время латентного периода сенсомоторных реакций, в целом вероятность безошибочной работы машиниста.

6. К основным преимуществам предложенного способа по сравнению с традиционным относятся: минимизация энергозатрат машиниста, за счет исключения перемещения по лаве, повышение вероятности безошибочной работы за счет повышения достоверности, полноты и своевременности информации, времени реагирования на нештатные ситуации, снижение уровня аварийности и травматизма, сокращение численности бригады, повышения нагрузки на забой, снижения себестоимости угля. Направление дальнейших исследований предусматривает разработку исходных требований к проектированию предложенного способа.

#### Список литературы

1. Сургай Н.С. Производительность очистных комплексов нового технического уровня и пути ее повышения / Н.С. Сургай, В.В. Виноградов, Ю.И. Кияшко // Уголь Украины. – 2001. - № 6. – С. 3-5.
2. Косарев В.В. Мехатронный подход к проектированию сложных горных машин / В.В. Косарев, Н.И. Стадник, П.А. Горбатов // Збірник наукових праць «Школа підземної розробки – 2008». Матеріали II міжнародної науково-практичної конференції. Дніпропетровськ-Ялта, 2008. – С. 24-29.
3. Горбатов П.А. Оптимальное проектирование очистных комбайнов как сложных систем / П.А. Горбатов, Н.М. Лысенко, Е.А. Воробьев // Горные машины и автоматика. – М.: Машиностроение, 2001. - № 6. – С. 9-13.
4. Графов П.П. Анализ влияния численности рабочих комплексно-механизированного очистного забоя на его нагрузку / П.П. Графов. – М.: ИГД им. А.А. Скочинского, 1970. – 25 с.
5. Астахов А.С. Экономико-математические модели организации работ в лавах / А.С. Астахов, Э.И. Гойзман. - М.: ИГД им. А.А. Скочинского, 1967. – 140 с.
6. Намакштанский В.Я. Безопасность труда в комплексно-механизированных очистных забоях / В.Я. Намакштанский, Э.С. Котлов. – М.: Недра, 1979. – 128 с.

7. Левкин Н.Б. Предотвращение аварий и травматизма в угольных шахтах Украины / Н.Б. Левкин. – Макеевка: МакНИИ, 2002. - 392 с.
8. Горные машины и комплексы / А.В. Топчиев, В.И. Ведерников, М.Т. Коленцев [и др.]. - М.: Недра, 1971. – 560 с.
9. Уткин В.Л. Биомеханика физических упражнений: учеб. пособие / В.Л.Уткин. - М.: Просвещение, 1989.— 210 с.
10. Попов Г.И. Прогностическое тестирование спортсменов / Г.И.Попов // Сборник трудов РГАФК. - М. - 1998. - Т. 3. - С. 35-42.
11. Зацюрский В.М. Биомеханические основы выносливости / В.М. Зацюрский, С.Ю. Алешинский, Н.А. Якунин. – М.: Физкультура и спорт, 1982. – 207 с.
12. Приснякова Л.М. Нестационарная психология / Л.М.Приснякова. - Киев: Днипро, 2002. – 255 с.
13. Згуровский М.З. Системный анализ: проблемы, методология, приложения / М.З. Згуровский, Н.Д. Панкратова. – К.: Наукова думка, 2005. - 744 с.
14. Шевченко В.Г. Методические аспекты вопроса создания условий высокопроизводительного и безопасного труда на угольных шахтах / В.Г.Шевченко // Геотехническая механика. – Днепропетровск. – 2007. - Вып. 73. - С. 224-236.
15. Кияшко Ю.И. Анализ биомеханических характеристик машиниста комбайна в комплексно-механизированной лаве / Ю.И. Кияшко, В.Г. Шевченко // Уголь Украины. – 2009. - № 3. - С. 30-34.
16. Шевченко В.Г. Сравнение эффективности труда горнорабочих в комбайновой и струговой лавах / В.Г. Шевченко, Ю.И. Кияшко // Уголь Украины. – 2008. - № 6. – С. 12-17.

**Ю.І. Кіяшко, В.Г. Шевченко.** *Аналіз і прогноз розвитку засобів механізованої виїмки вугілля з урахуванням біомеханічних і психофізичних параметрів гірників. Виконано ретроспективний аналіз і виділені тенденції розвитку технології і засобів механізованої виїмки вугілля з пологих пластів з урахуванням біомеханічних і психофізичних параметрів гірників. Викладено особливості способу керування очисним комбайном, що забезпечує підвищення безпеки і продуктивності вуглевидобутку.*

**засоби механізованої виїмки вугілля, пологі пласти, біомеханічні та психофізичні параметри гірників, безпека і продуктивність вуглевидобутку**

**U.I. Kiyashko, V.G. Shevchenko.** *The Analysis and Forecast of the Development of Means of Mechanized Extraction of Coal Taking into Account Biomechanical and Psychophysical Parameters of Miners. The retrospective analysis is made and the tendencies of development of technology and means of mechanized extraction of coal from flat seams taking into account biomechanical and psychophysical parameters of miners are considered. The peculiarities of cutter-loader control are discussed.*

**means of mechanized extraction of coal, flat seams, biomechanical and psychophysical parameters of miners, safety and productivity of coal mining**

Стаття надійшла до редколегії 27.10.2010

Рецензент: зав. відд. гірничої аерогазодинаміки ін-та геотехн. механіки ім. М.С.Полякова  
д-р техн. наук, проф. В.Г. Перепелиця

© Кияшко Ю.И., Шевченко В.Г., 2010