

**ОБОСНОВАНИЕ СПОСОБА УПРАВЛЕНИЯ ОЧИСТНЫМ
КОМБАЙНОМ И УСТРОЙСТВА ДЛЯ ЕГО РЕАЛИЗАЦИИ**

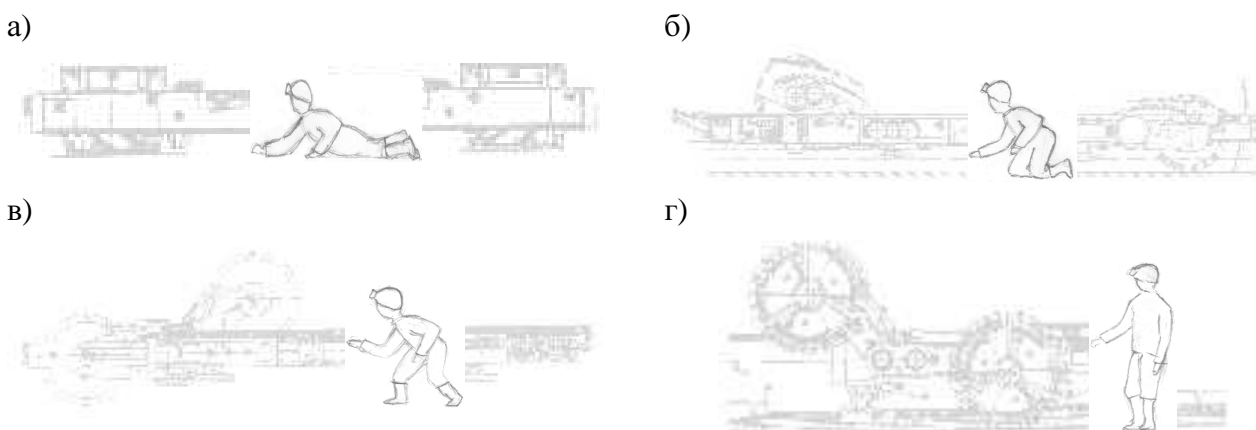
Приведено наукове обґрунтування і викладені основні особливості нового способу керування очисним комбайном і пристроєм для його реалізації.

**THE SUBSTANTIATION OF A WAY OF CONTROL CUTTER-LOADER
AND DEVICE FOR ITS IMPLEMENTATION**

The scientific substantiation is adduced and the features of a new way of control of a cutter-loader and device for its implementation are set up.

При стабільному розвитку виємочної техніки і постійно підвищується проектної продуктивності очисних комбайнів технологія угледобычи за останні десятиліття суттєво не змінилась. Неотъемлемою частиною технології комплексно-механізованої угледобычи остається горнорабочий. Неперервно зростаючі енерговооруженість, швидкість подачі і продуктивність добычної техніки пред'являють нові вимоги до горнорабочих, які повинні в повній мірі забезпечувати реалізацію її проектних резервів в процесі виїмки вугілля [1]. Особливо актуальна дана проблема для високонавантажених забоев, обладнаних сучасними комплексами нового технічного рівня. Розв'язання даної проблеми обумовлює необхідність наукового обґрунтування і розробки нових способів управління очисними комбайнами.

На рис. 1 представлені типові положення ГРОЗ - машиніста при переміщенні по лаві і управлінні очисним комбайном для різних діапазонів виїмаємої потужності пластів.



а) $m = 0,7-0,9$ м, переміщення – лежачи (повзком) (1К101У, КА103М, КА80, КА90); б) $m = 0,91-1,4$ м, переміщення - на колінах (чотирьохколісних) (КА200, ГШ200Б, ГШ200В, РКУ10, УКД300); в) $m = 1,41-1,8$ м, переміщення – зігнувшись (2ГШ68Б, 1ГШ68, ГШ500, КШ1КГУ, РКУ13, КДК500); г) $m > 1,8$ м, переміщення - в повний зріст (КШ3М, КДК700, 1КШЭ)

Рис. 1 – Типові положення ГРОЗ - машиніста при переміщенні по лаві і управлінні очисним комбайном для різних діапазонів виїмаємої потужності пластів

Общие энергозатраты в зависимости от скорости перемещения машиниста по лаве равны [2,3]

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

где v - скорость передвижения, м/мин; E_0 - затраты энергии в состоянии покоя, Вт; b_1 , - коэффициент, характеризующий линейный компонент реакции организма на нагрузку, который преобладает в зоне нагрузок умеренной и большой относительной мощности; b_2 - коэффициент, характеризующий квадратичный компонент реакции организма на нагрузку, возникающей в зоне большой и субмаксимальной относительной мощности, когда затраты на преодоление внешних сил сопротивления движению и на работу внутренних органов значительно возрастают. Согласно [2,3] параметры изменяются в диапазонах $E_0=240-280$ Вт; $b_1=0,1-6$; $b_2=0,03-2$.

Энергетическая стоимость метра пути в зависимости от скорости перемещения машиниста по лаве равна

$$\frac{E}{v} = \frac{E_0}{v} + b_1 + b_2v.$$

Граничная (оптимальная) скорость перемещения для различных положений тела человека по критерию Фруда равна [2]

$$Fr = \frac{v^2}{gL_0},$$

где g - ускорение свободного падения, м/с²; v - скорость передвижения человека, м/с; L_0 - высота общего центра масс тела (ОЦТ) в основной стойке, м.

На рис. 2 приведена схема к определению устойчивости положения машиниста. Показатели динамической устойчивости приведены в табл. 1.

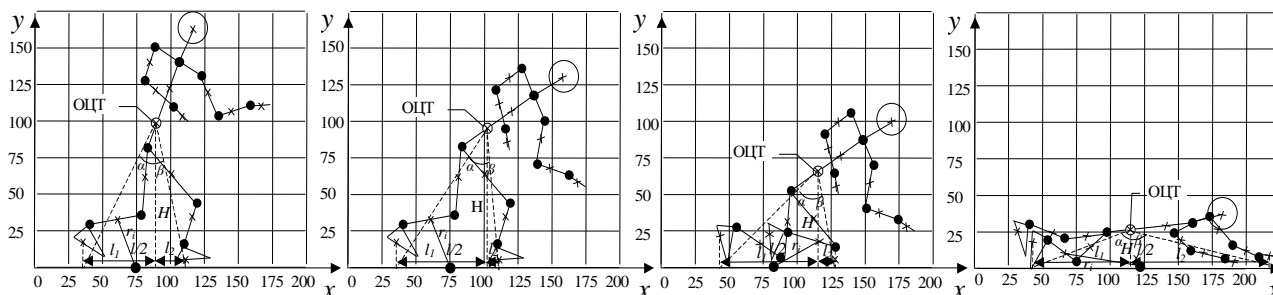


Рис. 2 – Схема к определению устойчивости положения машиниста при различных диапазонах вынимаемой мощности пласта

Вероятность потери равновесия и получения травмы горнорабочим при управлении комбайном определяется показателями статической и динамической устойчивости относительно их критических значений.

Таблица 1 - Показатели динамической устойчивости положения машиниста при различных диапазонах вынимаемой мощности пласта

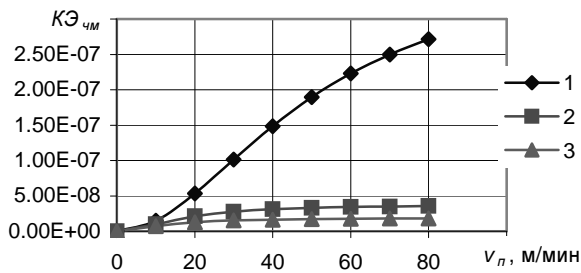
Положение	Высота ОЦГ H , м	Размер площади опоры l , м	Положительные проекции ОЦГ, м		Углы устойчивости, град		Угол равновесия $\alpha + \beta$	Оценки устойчивости
			l_1	l_2	α	β		
В полный рост	0,9856	80	50	30	29	17	46	Устойчивое
Согнувшись	0,8685	80	75	5	49,4	3,2	52,6	Не устойчивое
На четвереньках	0,5799	90	75	15	74,1	14,8	88,9	Устойчивое
Ползком	0,2497	190	90	100	26,5	49,5	76	Устойчивое

Экономичность (эффективность) функционирования системы «машинист - выемочный комбайн НТУ» определяется выражением (рис. 3)

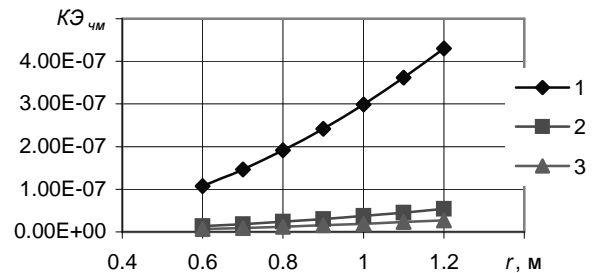
$$KЭ_{чм} = \left(\frac{E}{Q}\right)^{-1} H_w^{-1} = \frac{mr\gamma}{\frac{E_0}{v} + b_1 + b_2v} \times \frac{v_n mr\gamma}{60P_{уст}}$$

где $P_{уст}$ - устойчивая мощность двигателей комбайна, кВт; v_n - скорость подачи комбайна, м/мин; m - вынимаемая мощность пласта, м; r - ширина захвата комбайна, м; γ - плотность горной массы, т/м³.

а)



б)



1 – при $m > 1,8$ м, перемещение в полный рост; 2 – при $m = 0,91-1,4$ м, перемещение на коленях; 3 – при $m = 0,7-0,9$ м, перемещение ползком

Рис. 3 – Зависимость показателя экономичности системы «машинист – выемочный комбайн» от скорости подачи (а) и ширины захвата (б)

Зависимость показателя экономичности функционирования системы «машинист – выемочный комбайн нту» от скорости подачи наиболее точно аппроксимируется полиномом четвертой степени, что обусловлено существова-

нием экстремума функциональной зависимости показателя экономичности машиниста от скорости его перемещения. Повышение экономичности функционирования системы «машинист - выемочный комбайн» имеет передел, обусловленный физиологическими возможностями (биомеханическими характеристиками) машиниста. Поэтому с целью соблюдения принципа минимума энергозатрат машиниста в технологии комплексно-механизированной добычи угля необходимо предусмотреть элементы механизации процесса перемещения машиниста по лаве. С увеличением ширины захвата показатель экономичности системы «машинист – выемочный комбайн нту» возрастает в квадратичной зависимости.

Процесс приема, переработки информации, принятия и реализации решения определяет безопасность угледобычи. Время латентного периода сенсомоторных реакций (время формирования и принятия решений) горнорабочих от их психофизических особенностей определяется по формуле [4]

$$t_* = T \ln \left(1 + \frac{\varphi}{RT} \right),$$

где R - темп поступления информации в память (приема информации памятью), ед/с; φ - некоторое конечное количество информации, хранящееся в памяти по истечению достаточно большого промежутка времени, ед; T - постоянная времени переработки информации памятью, с.

Показатель уровня достоверности информированности равен

$$I_D = \frac{D - D^-}{D^+ - D^-},$$

где D^+ , D^- - соответственно максимальный и минимальный, практически целесообразный уровень достоверности информированности; D - текущая величина достоверности информированности машиниста.

Общий уровень информированности горнорабочего (машиниста) оценивается интегральным показателем информированности

$$I = f(I_P) f(I_T) f(I_D),$$

где I_P , I_T , I_D - показатели уровня полноты, своевременности и достоверности информированности.

Производительность выемочного комбайна определяется выражением (рис. 4)

$$q = mb \gamma_n P = mb \gamma_n \ln(1 + I_P I_T I_D)^n,$$

где m - вынимаемая мощность пласта, м; b - ширина захвата выемочного комбайна, м; v_n - скорость подачи выемочного комбайна, м/мин; γ - объемная плотность угля, т/м³, n - число горнорабочих комплексной бригады, чел.

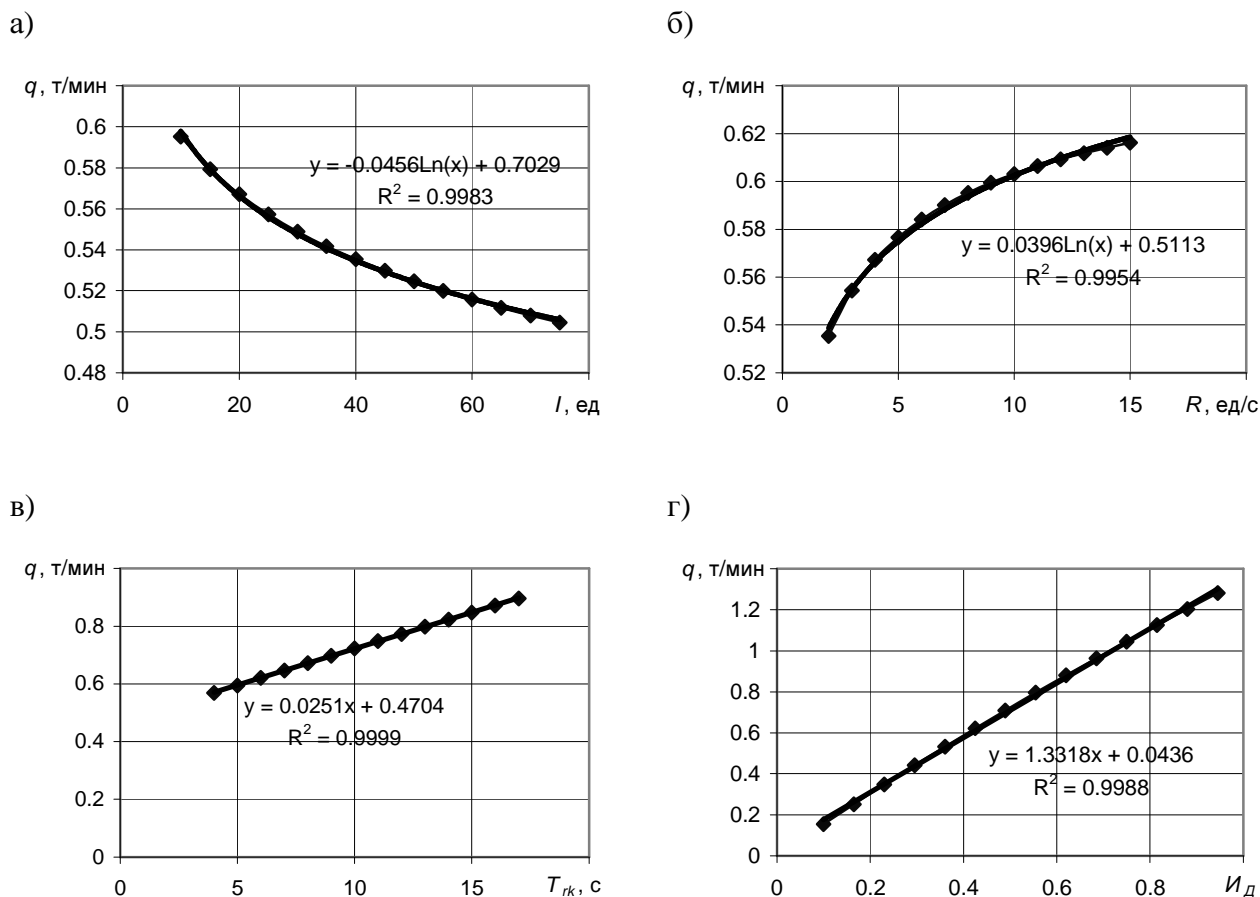


Рис. 4 – Зависимости производительности выемочного комбайна от количества передаваемой машинисту информации (а); параметра, характеризующего навыки, опыт, квалификацию машиниста (б); временного ресурса реализации решения (уровня развития системы обеспечения безопасности процесса выемки) (в); показателя уровня достоверности информированности (г)

Анализ зависимостей, приведенных на рис. 4 показывает, что производительность наиболее существенно возрастает с увеличением параметра $T_{рк}$. Логарифмический характер зависимостей, приведенных на рис. 4а и 4б, свидетельствует о том, что существуют пределы повышения производительности, обусловленные психофизическими параметрами горнорабочих. Какой бы не была высокой квалификацией машиниста, производительность процесса не будет повышаться бесконечно. При увеличении параметра $T_{рк}$ возможно существенное повышение производительности. Параметр $T_{рк}$ характеризует уровень совершенства системы безопасности процесса выемки угля и автоматизации управления комбайном. Так, лучшая система безопасности обеспечивает человеку больший резерв времени на реализацию решения, что также эквивалентно повышению уровня автоматизации процесса управления комбайном - передачи части функций машиниста «автопилоту» выемочного комбайна. Данное обстоятельство особенно характерно для высоконагруженных лав, в которых темпы процессов выемки существенно выше, чем в обычных забоях. Таким обра-

зом, для условий высоконагруженных забоев более высокие темпы процесса выемки угля сокращают резерв времени на реализацию и принятие решения горнорабочим, а использование элементов автопилотирования позволит человеку затрачивать большее время на формирование и принятие наиболее оптимального решения.

Учитывая вышеизложенное, для высоконагруженных забоев имеет место следующий научно-технический принцип эффективного их функционирования: повышение производительности системы «машинист – выемочный комбайн НТУ» в условиях высоконагруженных лав должно обеспечиваться комплексом мероприятий по оценке влияния психофизических особенностей горнорабочих на эффективность процессов добычи, при этом приоритетным является совершенствование системы управления безопасностью с включением элементов автопилотирования выемочным комбайном над мероприятиями по повышению квалификации горнорабочих, управляющих очистным комплексом.

Принимая во внимание обратную пропорциональность производительности комбайна количеству информации и прямую ее качеству, на практике необходимо руководствоваться принципом необходимости и достаточности информации, поступающей к горнорабочим, для принятия и реализации наиболее оптимального решения в конкретной складывающейся в процессе выемки ситуации.

Полученные зависимости дают основу для разработки нового способа управления очистным комбайном и устройства, обеспечивающего механизацию перемещения машиниста по лаве [5-7].

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, которые при помощи пультов управления передаются очистному 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. 5 и 6. Устройство для комбайна КДК 500 состоит из 1 - металлического корпуса, 2 - поворотного основания, 3- футляра с каской, самоспасателем, аптечкой, 4 - бронированного стекла, 5 - блока рычагов управления поворотным механизмом, 6 - сиденья машиниста, 7 – дверей, 8 - поворотного механизма с приводом, 9 - пульта управления с монитором – компьютером, 10 - амортизаторов - стабилизирующих элементов, 11 - кабелей (эл. питания, приема/передачи данных), 12 - световых датчиков автоматического управления передвижкой секций механизированной крепи. Для комбайна УКД300 из 1 - металлического корпуса, 2 - бронированного стекла, 3 - сиденья машиниста, 4- футляра с каской, самоспасателем, аптечкой, 5- дверей, 6 - мони-

тора – компьютера, 7 - пультов управления, 8 - кабелей (эл. питания, приема/передачи данных), 9 - амортизаторов - стабилизирующих элементов, 10 - световых датчиков автоматического управления передвижкой секций крепи.

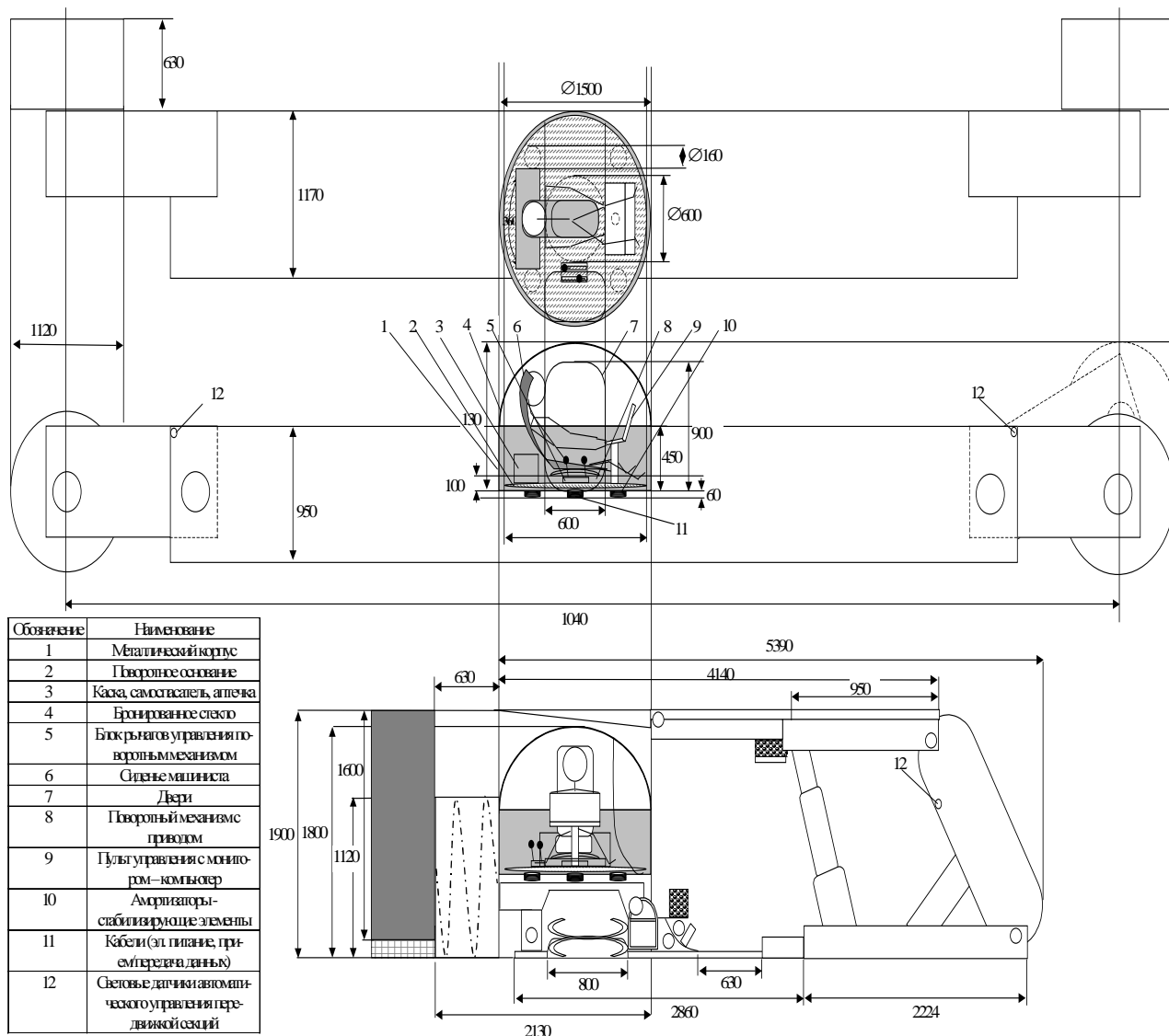


Рис. 5 – Способ и устройство для управления очистным комбайном КДК500

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 посередине с правой стороны (для комбайна УДК300), 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 медицинской помощи, и инструментом, обеспечивающим возможность мелкого текущего ремонта очистного комбайна. Пульты управления обеспечивают удобство управления на основе визуальной ин-

формации 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.

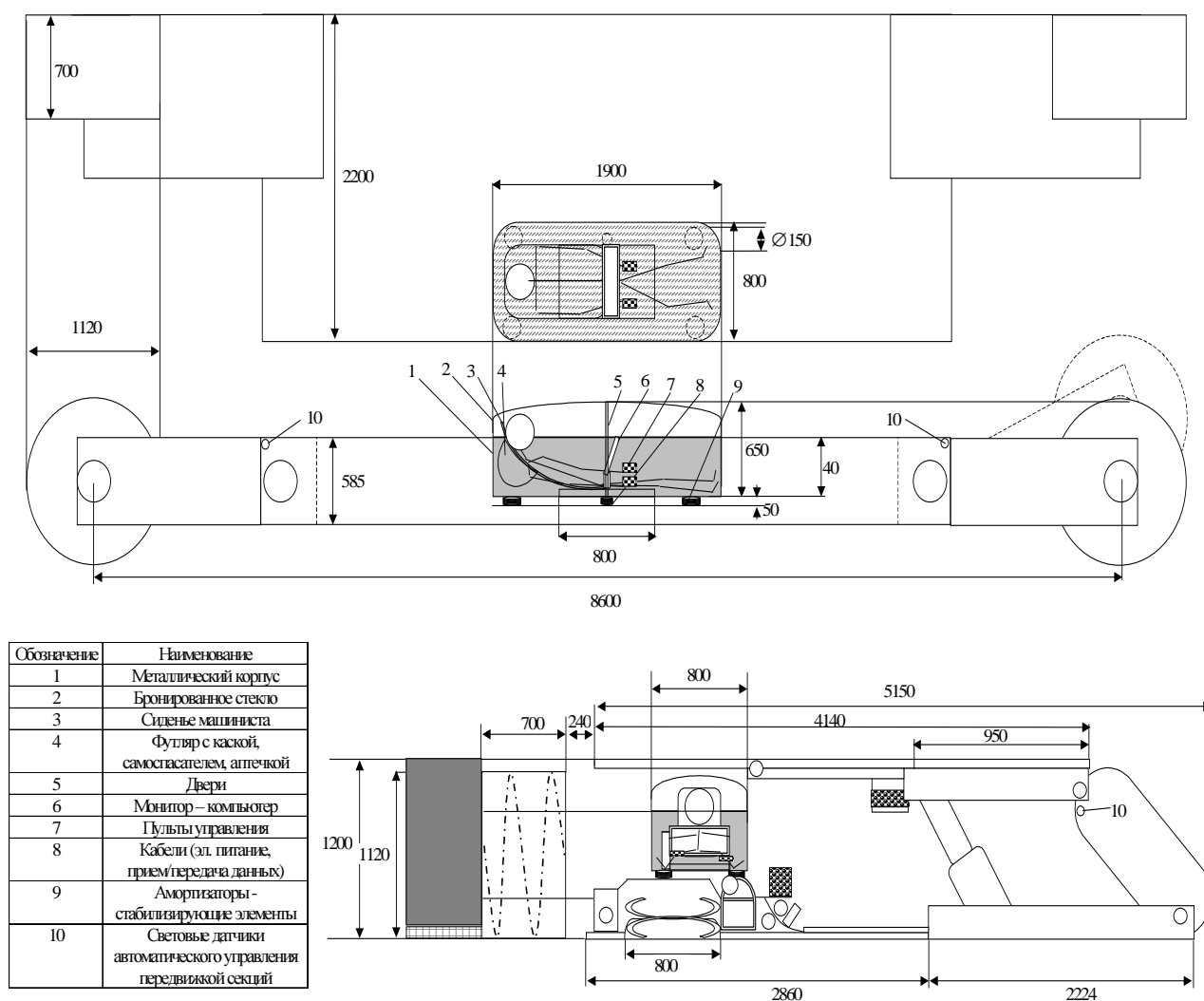


Рис. 6 – Способ и устройство для управления очистным комбайном УКД300

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.

Сравнительная характеристика традиционного (управление с пульта) и предлагаемого способа управления очистным комбайном приведена в табл. 2.

Таблица 2 – Сравнительная характеристика традиционного и предлагаемого способа управления очистным комбайном

Параметр (характеристика)	Традиционный способ управления	Предлагаемый способ управления
Затраты энергии машиниста	Существенные	Минимальные
Время сенсорных реакций	Увеличивается в процессе выемки из-за постоянного роста энергозатрат и рассеивания внимания	Соответствует нормальному состоянию
Вероятность безошибочной работы	Снижается со снижением времени реакций	Высокая за счет быстрого реагирования на возникающие ситуации
Качество информации	Невысокая достоверность, своевременность и полнота информации	Повышается достоверность, полнота и своевременность информации за счет использования компьютера и монитора, отражающего информация с датчиков и устройств (в т.ч. видеонаблюдения)
Количество информации	Большое количество информации обуславливает увеличение времени на ее обработку	Повышается количество, скорость передачи и обработки информации, за счет использования компьютерной системы поддержки принятия решений
Численность комплексной бригады	Традиционная	Снижается из-за автоматизации управления передвижкой секций крепи и конвейера
Производительность труда	В динамике снижается к концу смены из-за существенных энергозатрат горнорабочих	Увеличивается из-за минимальных энергозатрат, сокращения численности бригады и увеличения нагрузки
Нагрузка на забой	Традиционная, не полная реализация проектных возможностей очистных комбайнов	Увеличивается за счет повышения надежности работы машиниста и реализации проектной скорости подачи
Уровень аварийности	Высокий из-за невысокого качества, большого количества информации, снижения времени реагирования горнорабочих	Снижается за счет повышения вероятности безошибочной работы машиниста
Уровень травматизма	Высокий из-за существенных энергозатрат, неустойчивости положения машиниста при перемещении по лаве	Снижается за счет механизации перемещения машиниста, сокращения численности бригады
Себестоимость угля	Высокая	Снижается за счет сокращения численности бригады, повышения нагрузки на забой, снижения уровня травматизма

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.

1. Работы по полной автоматизации управления очистным комплексом проводятся в течение нескольких десятилетий, однако внедрение таких способов и технологий по тем или иным причинам не привели к эффективным результатам в условиях отечественных шахт. В процессе управления современным очистным комбайном рабочий больше времени и энергии тратит не на самоуправление, а на перемещение и контроль опасностей, что особенно характерно для забоев со сложными горно-геологическими условиями и высокой нагрузкой.

2. Основные положения и принципы, заложенные в основу нового способа управления очистным комбайном и устройства для его реализации следующие:

- зависимость показателя экономичности функционирования системы «машинист – выемочный комбайн НТУ» от скорости подачи описывается полиномом четвертой степени, что обусловлено существованием экстремума функциональной зависимости показателя экономичности машиниста от скорости его перемещения. Повышение экономичности функционирования системы «машинист - выемочный комбайн» имеет передел, обусловленный биомеханическими характеристиками машиниста. Поэтому с целью соблюдения принципа минимума энергозатрат машиниста в технологии комплексно-механизированной добычи угля необходимо предусмотреть элементы механизации процесса перемещения машиниста по лаве;

- для высоконагруженных забоев имеет место следующий научно-технический принцип эффективного функционирования: повышение производительности системы «машинист – выемочный комбайн НТУ» в условиях высоконагруженных лав должно обеспечиваться комплексом мероприятий по оценке влияния психофизических особенностей горнорабочих на эффективность процессов добычи, при этом приоритетным является совершенствование системы управления безопасностью с включением элементов автопилотирования выемочным комбайном над мероприятиями по повышению квалификации горнорабочих, управляющих очистным комплексом;

- принимая во внимание обратную пропорциональность производительности комбайна количеству информации и прямую ее качеству, на практике необходимо руководствоваться принципом необходимости и достаточности информации, поступающей к горнорабочим, для принятия и реализации наиболее оптимального решения в конкретной складывающейся в процессе выемки ситуации.

3. На основании полученных научных результатов и сформулированных принципов 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, свое-

временную 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.

4. 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.

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. Уткин В.Л. Биомеханика физических упражнений: Учеб. пособие / Уткин В.Л. - М.: Просвещение, 1989. - 210 с.
3. Попов Г.И. Прогностическое тестирование спортсменов / Попов Г.И. // Сб. трудов Российской государственной академии физической культуры. - М. - 1998. - Т. 3. - С. 35-42.
4. Приснякова Л.М. Нестационарная психология / Приснякова Л.М. - Киев: Днипро, 2002. – 255 с.
5. Шевченко В.Г. Методические аспекты вопроса создания условий высокопроизводительного и безопасного труда на угольных шахтах / Шевченко В.Г. // Геотехническая механика: Межвед. сб. научн. тр./ ИГТМ НАН Украины. – Днепропетровск. – 2007. - Вып. 73. - С. 224-236.
6. Кияшко Ю.И. Анализ биомеханических характеристик машиниста комбайна в комплексно-механизированной лаве / Кияшко Ю.И., Шевченко В.Г. // Уголь Украины. – 2009. № 3. - С. 30-34.
7. Шевченко В.Г. Сравнение эффективности труда горнорабочих в комбайновой и струговой лавах / Шевченко В.Г., Кияшко Ю.И. // Уголь Украины. – 2008. № 6. – С. 12-17.