УДК 622.86

канд. техн. наук Шевченко В.Г.
(ИГТМ НАН Украины)

МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВОПРОСА СОЗДАНИЯ УСЛОВИЙ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОГО И БЕЗОПАСНОГО ТРУДА НА УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ

Приведено результати досліджень, покладені в основу методик, що реалізують комплексний підхід до обліку людського фактора при оцінці рівня аварійності і травматизму на вугільних шахтах. Викладено рекомендації, спрямовані на покращення умов праці шахтарів при комплексно-механізованій технології видобутку вугілля високонавантаженими лавами.

METHODICAL ASPECTS OF THE QUESTION OF CREATION A HIGH-PRODUCTIVITY AND SAFETY LABOR CONDITIONS ON COAL MINES

The outcomes of the researches which have been put in the basis of methodics, realising a comprehensive approach to the consideration of the human factor at an estimation of a level of an accident rate and traumatism on coal mines are adduced. The recommendations for improvement of colliers labor conditions at a complex-mechanized technology of highloaded longwalls coal mining are stated.

Законом Украины «О повышении престижности шахтерского труда» декларируется создание условий высокопроизводительного и безопасного труда, для чего предусмотрено внедрение новых технологий в производственные процессы, а также программ модернизации, технического переоснащения производства и повышения безопасности труда на угольных шахтах [1]. Одним из аспектов решения данного вопроса является совершенствования подходов и методов, учитывающих взаимодействие главных подсистем технологии угледобычи – человека, природной среды и техники, позволяющих давать оценку и прогнозировать уровень аварийности и травматизма. В настоящей статье кратко изложены основные положения разработанных методик, позволяющих реализовать комплексный подход к учету человеческого фактора при оценке уровня аварийности и травматизма технологии комплексно-механизированной подземной добычи угля высоконагруженными лавами для создания условий высокопроизводительного и безопасного труда на угольных шахтах.

Идея, положенная в основу методик, заключается в использовании установленных закономерностей процессов систем "машинист - выемочный комбайн нового технического уровня (НТУ)", "звено горнорабочих очисного забоя (ГРОЗ) - очистной комплекс", "угольная шахта - группа высоконагруженных лав" в различных горно-геологических, производственно-экономических и социально-психологических условиях для разработки рекомендаций по оптимизации режимов добычи угля высоконагруженными лавами, направленных на снижение уровня аварийности и травматизма и повышения производительности труда.

Разработана методика расчета и выбора рациональных параметров системы “звено ГРОЗ - очистной комплекс” в условиях высоконагруженных лав. В ос-

нову методики положена имитационная модель процесса выемки угля, учитывающая динамику изменения времени выполнения горнорабочими основных технологических операций в течение добычной смены и позволяющая учитывать и давать количественную оценку влияния на производительность комплексно-механизированных очистных забоев при разработке мероприятий по предотвращению аварий, снижению травматизма и повышению производительности труда параметров, характеризующих готовность рабочих к выполнению технологических операций и способность рабочих восстанавливать силы. В результате моделирования установлено, что сменная производительность процесса комплексно-механизированной выемки угля Q монотонно снижается с уменьшением коэффициента r_y, характеризующего уровень готовности горнорабочих к выполнению технологических операций, и монотонно возрастает с ростом коэффициента $r_в$, характеризующего способность горнорабочих восстанавливать силы, отношение данных коэффициентов характеризует критерий рационального подбора рабочих комплексно-механизированного очистного забоя. Графики зависимостей $Q = f(r_y)$, $Q = f(r_в)$ имеют асимптоты, определяемые с одной стороны пределом человеческих возможностей, с другой – возможностями применяемой техники и технологии (рис. 1).

а) б)

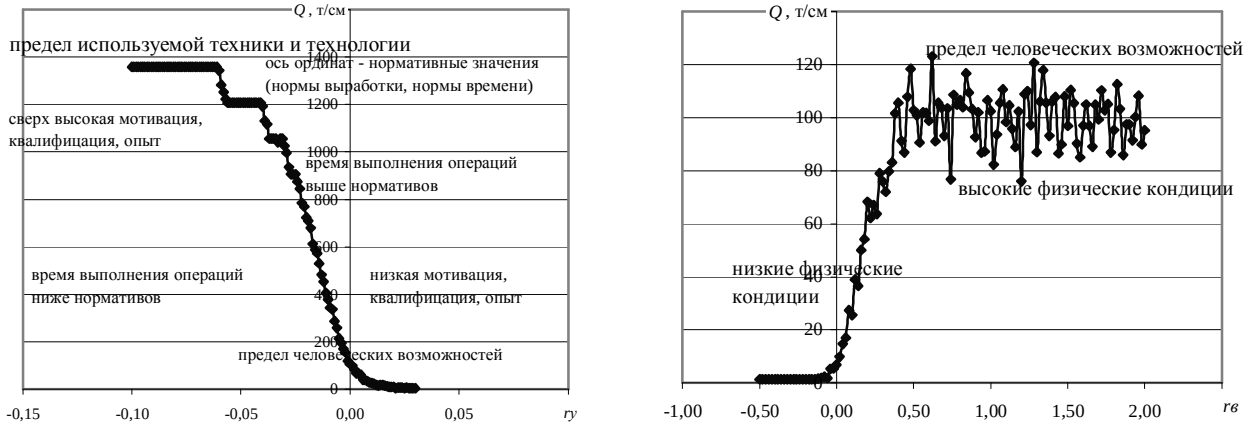


Рис. 1 - Зависимость сменной производительности забоя от коэффициентов r_y (а) и $r_в$ (б)

Сменная производительность процесса комплексно-механизированной выемки угля, определяемая коэффициентом готовности системы «звено ГРОЗ – очистной комплекс», находится в зависимости параболического вида от числа и продолжительности перерывов на отдых рабочих, при этом экстремальное значение производительности обусловливается соотношением интегральных коэффициентов, характеризующих готовность рабочих к выполнению технологических операций и способность рабочих восстанавливать силы (рис. 2).

Результаты факторного анализа коэффициентов r_y и $r_в$ отдельных технологических операций показали, что сменная производительность комплексно-механизированного забоя определяется совместным влиянием параметров, ха-

рактеризующих готовность горнорабочих к выполнению основных технологических операций и способность восстанавливать силы. При этом доминирующее влияние на производительность забоя оказывают факторы, характеризующие готовность машинистов комбайна и крепи к выполнению технологических операций (квалификация, опыт, мотивированность); в меньшей степени производительность определяется факторами, характеризующими способность рабочих восстанавливать силы (возраст и физические кондиции) (рис. 3).

а) б)

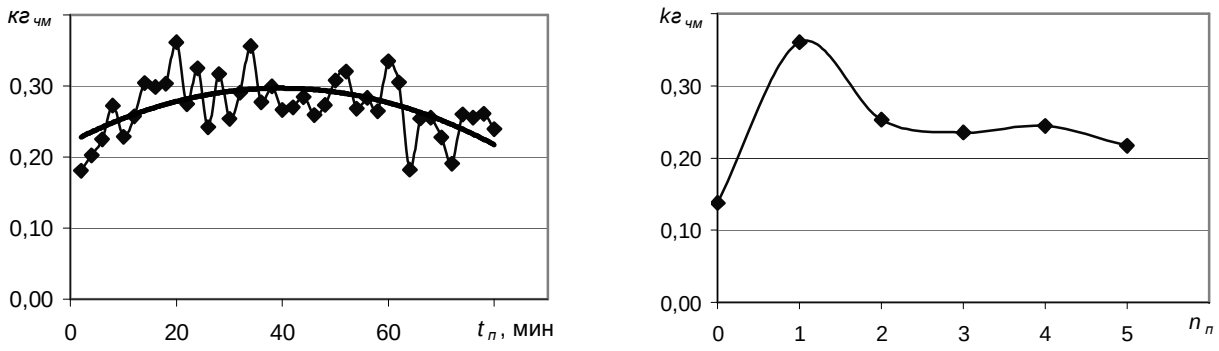
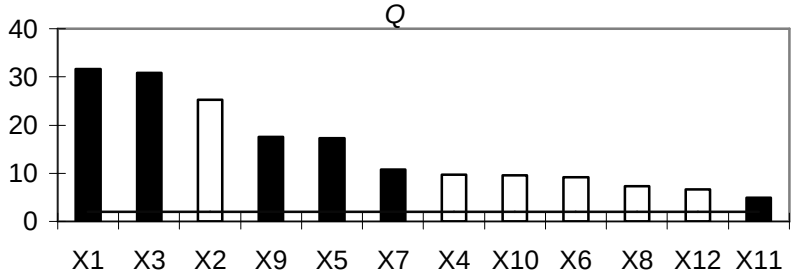


Рис. 2 - Зависимость коэффициента готовности системы «звено ГРОЗ – очистной комплекс» от продолжительности (а) и числа перерывов на отдых рабочих при их одинаковой суммарной продолжительности (б)



X1 - $r_у$ перемещение комбайна; X2 - $r_в$ перемещение комбайна; X3 - $r_у$ передвижка крепи; X4 - $r_в$ передвижка крепи; X5 - $r_у$ восстановление комбайна; X6 - $r_в$ восстановление комбайна; X7 - $r_у$ восстановление крепи; X8 - $r_в$ восстановление крепи; X9 - $r_у$ проведение регламентных перерывов; X10 - $r_в$ проведение регламентных перерывов; X11 - $r_у$ восстановление забоя по горным факторам; X12 - $r_в$ восстановление забоя по горным факторам

Рис. 3 - Интенсивность влияния факторов $r_у$ и $r_в$ на сменную производительность очистного забоя

Основные рекомендации, направленные на улучшение условий труда горнорабочих и снижение уровня аварийности и травматизма заключаются в следующем:

- система материального стимулирования горнорабочих должна быть пересмотрена. В усовершенствованной системе материального стимулирования тарифные 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;

- для повышения производительности, прогнозирования и предотвращения аварийных ситуаций и травматизма необходимо систематически проводить мероприятия по обучению горнорабочих, повышению их квалификации, опыта, уровня профессиональной подготовки; комплексную бригаду необходимо комплектовать одновременно горнорабочими, обладающими хорошими физическими кондициями и имеющими высокую квалификацию и опыт, что обеспечит передачу опыта и повышение квалификации молодых горнорабочих, при этом необходимо соблюдать специализацию горнорабочих, в соответствии с их квалификацией; отбор горнорабочих необходимо осуществлять по профессиональным признакам с учетом опыта, квалификации, физических способностей; одновременно с этим необходимо предусмотреть меры по материальному стимулированию и премированию рабочих, в зависимости от их индивидуальных способностей.

Разработана методика оценки влияния психофизических и биомеханических параметров горнорабочих на эффективность функционирования системы “машинист – выемочный комбайн НТУ” в условиях высокнагруженной лавы. В основу методики положен разработанный алгоритм моделирования системы «машинист - выемочный комбайн НТУ», учитывающий влияние биомеханических и психофизических параметров человека, интегрального уровня его информированности, качественных характеристик и количества поступающей к нему информации на производительность выемочного комбайна НТУ.

В качестве критерия надежности работы системы «машинист - выемочный комбайн НТУ» с учетом психофизических параметров горнорабочих предложено использовать вероятность безотказной работы равную:

$$p = \prod_{i=1}^{n} p_i = \prod_{i=1}^{n} \ln(1 + И_{Пi} И_{Тi} И_{Дi}),$$

где n - число горнорабочих комплексной бригады; $И_{Пi}$, $И_{Тi}$, $И_{Дi}$ - показатели полноты, своевременности и достоверности информированности [2]. Эти показатели зависят от количества информации, поступающей к горнорабочему, времени реализации решения, длительности периода от момента начала форми-

рования решения до момента его окончания, опыта, квалификации (навыка) рабочих, определяющих скорость переработки информации, эмоционального состояния, темперамента личности, индивидуальных психофизиологических особенностей [3].

Установлены закономерности изменения производительности выемочного комбайна от психофизических параметров машиниста, качественных характеристик информации и ее количества. Показано, что производительность системы «машинист – выемочный комбайн НТУ» уменьшается в логарифмической зависимости с увеличением количества предаваемой машинисту информации, увеличивается в логарифмической зависимости от параметра, характеризующего навыки, опыт, квалификацию машиниста и линейно возрастает с увеличением ресурса времени реализации решения (уровня развития системы обеспечения безопасности процесса выемки) и показателя уровня достоверности информированности (рис. 4).

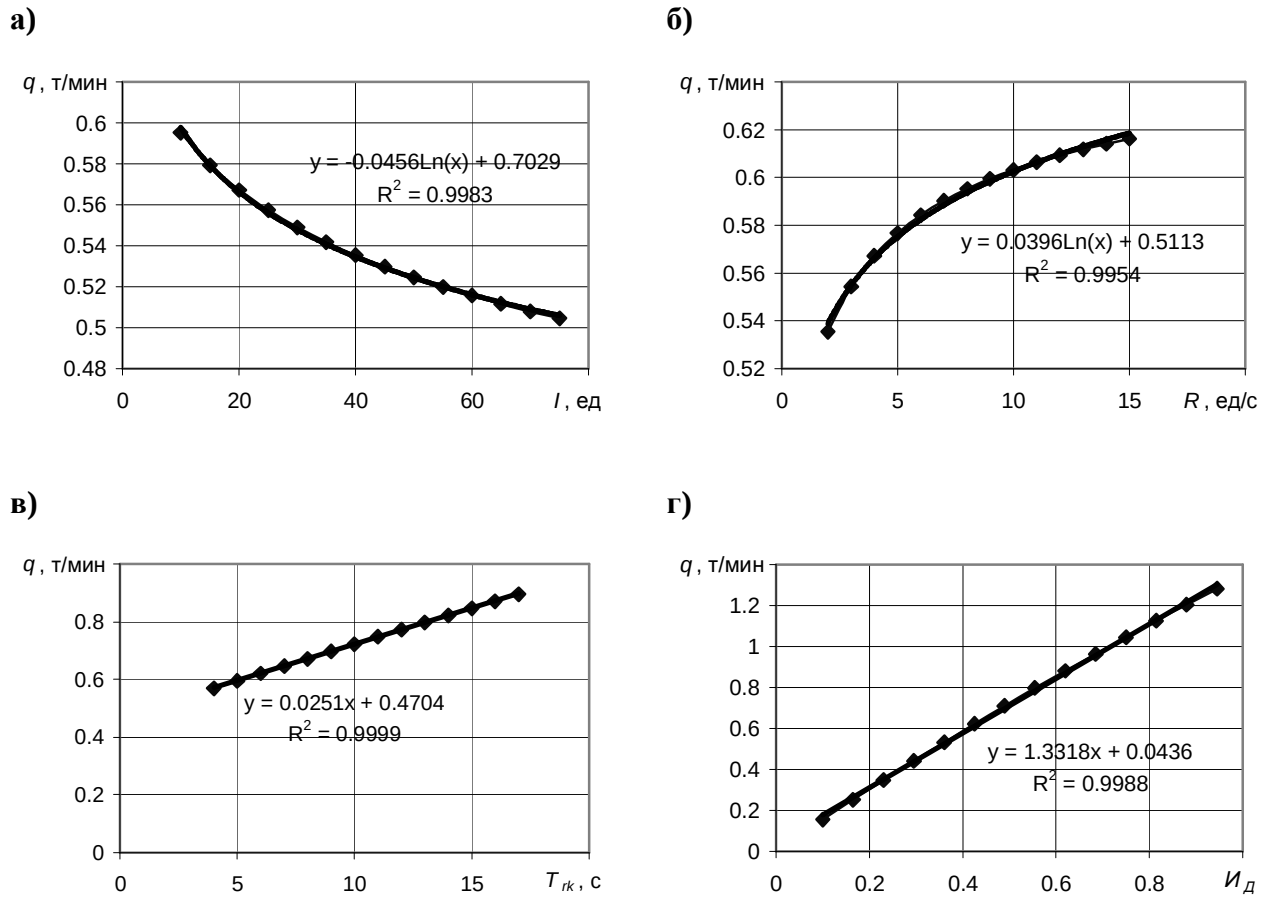


Рис. 4 – Зависимости производительности выемочного комбайна от количества предаваемой машинисту информации (а); параметра, характеризующего навыки, опыт, квалификацию машиниста (б); временного ресурса реализации решения (уровня развития системы обеспечения безопасности процесса выемки) (в); показателя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

Основные рекомендации сводятся к следующему:

- 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 и повышения уровня полноты и достоверности информированности над мероприятиями по повышению квалификации горнорабочих, управляющих очистным комплексом. 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.

В результате исследования влияния биомеханических характеристик машиниста на производительность системы «машинист – выемочный комбайн НТУ» установлено следующее. Важнейшим критерием оптимальности при перемещении человека является экономичность двигательной деятельности обратно пропорциональная энергии, затрачиваемой на единицу выполняемой работы или метр пройденного пути, а наиболее важным принципом двигательной деятельности человека является принцип минимума энергозатрат. Зависимость коэффициента экономичности от скорости перемещения машиниста по лаве носит параболический характер и имеет экстремум в точке оптимальной скорости, обеспечивающей минимальные энергозатраты на 1 м пути. Оптимальная скорость перемещения машиниста по лаве (для среднестатистического человека и «идеальных» условий внешней среды) составляет: при мощности пласта до 0,9 м (перемещение ползком) – 12 м/мин; при мощности 0,9-1,4 м (перемещение на коленях) – 16 м/мин; при мощности более 1,8 м (перемещение в полный рост) – 50 м/мин.

$$\frac{E}{v} = \frac{E_0}{v} + b_1 + b_2 v,$$

где v - скорость передвижения, м/мин; E_0 - затраты энергии в состоянии покоя, Вт; b_1, b_2 - коэффициенты, характеризующие соответственно линейный и квадратичный компоненты реакции организма на нагрузку, преобладающую в зоне нагрузок умеренной, большой и субмаксимальной относительной мощности (согласно [4,5] параметры приняты: E_0=240-280 Вт, b_1=0,3-6, b_2=0,1-2).

В качестве критерия экономичности перемещения машиниста в процессе выемки угля необходимо использовать показатель энергозатрат машиниста на тонну добытой горной массы (энергетической стоимости тонны горной массы):

$$КЭ = \frac{Q}{E} = \frac{vmr\gamma}{E} = \frac{mr\gamma}{\frac{E_0}{v} + b_1 + b_2 v},$$

где m - вынимаемая мощность пласта, м; r - ширина захвата комбайна, м; γ - плотность горной массы, т/м^3.

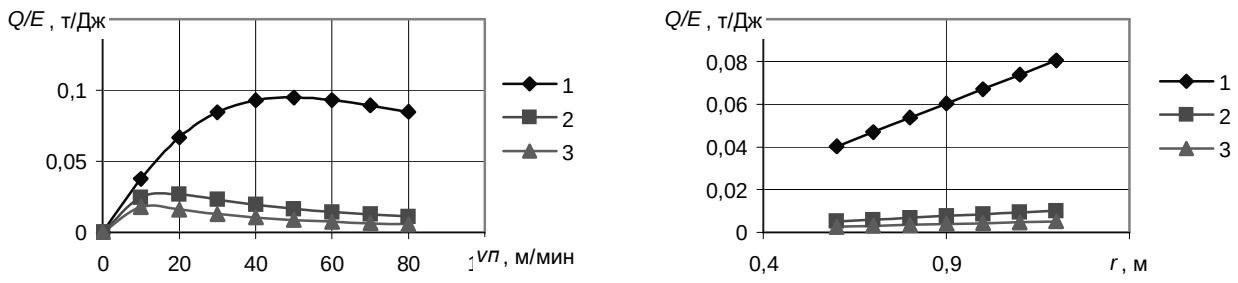
Зависимость энергетической стоимости тонны горной массы от скорости подачи носит параболический, а от ширины захвата - гиперболический характер (рис. 5). Затраты энергии машиниста на тонну горной массы уменьшаются в 1,5 раза с увеличением ширины захвата с 0,63 до 1 м. Для современной технологии угледобычи зависимость экономичности разрушения горного массива комбайном от скорости подачи возрастает линейно, в то время как для зависимости экономичности перемещения машиниста от скорости подачи имеет место параболический характер.

Для оценки эффективности процесса выемки угля целесообразно также ввести показатель экономичности функционирования системы «машинист – выемочный комбайн», являющийся мультипликативной функцией показателей экономичности машиниста и комбайна. Зависимость показателя экономичности системы «машинист – выемочный комбайн» от скорости подачи имеет предел, обусловленный биомеханическими характеристиками машиниста. С увеличением ширины захвата показатель экономичности системы «машинист – выемочный комбайн» возрастает в квадратичной зависимости: при увеличении ширины захвата с 0,63 до 1 м показатель экономичности возрастает в 2,7 раза (рис. 6).

$$КЭ_{чм} = \left(\frac{E}{Q}\right)^{-1} H_w^{-1} = \frac{mr\gamma}{\frac{E_0}{v} + b_1 + b_2 v} \times \frac{v_п mr\gamma}{60 P_{уст}},$$

где $P_{уст}$ - устойчивая мощность двигателей комбайна, кВт.

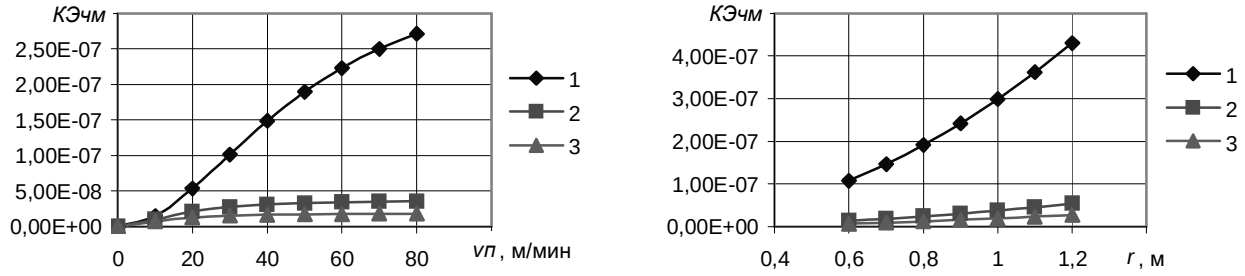
а) б)



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. 5 - Зависимость коэффициента экономичности добычи 1 тонны горной массы от скорости подачи (а) и ширины захвата выемочного комбайна (б)

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

Основные рекомендации сводятся к следующему:

- с учетом тенденции непрерывно повышающейся энерговооруженности, производительности и скорости подачи очистных комбайнов с целью соблюдения принципа минимума энергозатрат машиниста и повышения экономичности системы «машиниста – выемочный комбайн НТУ» в технологии комплексно-механизированной угледобычи должны быть предусмотрены элементы механизации перемещения машиниста по лаве; для повышения экономичности системы «машинист – выемочный комбайн» в процессе добычи управление таким параметром, как ширина захвата, является более предпочтительным, чем увеличение скорости подачи комбайна. В высоконагруженных забоях, при высоком коэффициенте готовности процесса угледобычи, рациональным будет такой режим работы очистного комбайна, при котором обеспечивается постоянство его скорости подачи $v_n = const$, что обеспечит значительную экономию энергозатрат машиниста;

- для безопасности, снижения уровня травматизма и аварийности в процессе добычи угля для перемещения рабочего необходимы негорючие мягкие и прочные коврики, удобные наколенники и налокотники, специальная сменная обувь, простейшие и надежные приборы, предупреждающие об опасности для обеспечения оптимальных биомеханических характеристик. Это улучшит условия труда и повысит производительность. Перемещения машиниста по лаве должны быть с оптимальной скоростью для различных диапазонов вынимаемой мощности пластов, с учетом его возраста, квалификации, антропометрических данных и др. Наиболее экономичный вид перемещения задается граничной скоростью по критерию Фруда, которая возрастает с увеличением вынимаемой мощности пласта, а для снижения энергозатрат и обеспечения наиболее экономичных режимов передвижения рабочего необходимо снабдить механическим устройством, облегчающим перемещение по лаве;

- существенная доля случаев травматизма связана с обрушением кровли в комбайновых лавах. Наибольшее число случаев травматизма в комбайновых лавах приходится на сопряжения и участок, прилегающий к груди забоя. Вероятность потери равновесия и получения травмы горнорабочим наиболее высока при перемещении в положении «согнувшись» при мощности пласта 1,41-1,8 м. При струговой выемке машинист должен находиться у блока управления на нижнем приводе струга и конвейера, поэтому струговая выемка позволяет снизить уровень травматизма по причинам обрушения кровли и падений горнорабочих, сократить затраты по статье себестоимости «регрессные иски» и процент расходов на погашение задолженности по регрессным искам бюджетных программ, направленных на развитие угольной промышленности.

Разработана методика оценки показателей надежности, качества (быстродействия, точности и устойчивости) и организационных параметров системы управления процессом добычи угля в условиях высоконагруженной лавы. Разработан алгоритм моделирования показателей надежности системы управления процессом выемки угля, основанный на различиях в характере непрерывности участия каждого из элементов (звеньев) системы «звено ГРОЗ - очистной комплекс» («машинист - выемочный комбайн», «крепильщик – механизированная крепь»), «бригадир – звено ГРОЗ», «начальник смены – бригадир», «главный инженер – начальники смен», «директор – главный инженер» в процессе управления. Интегральным показателем надежности системы является вероятность достижения запланированного объема добычи при обеспечении безопасности работ:

$$P^i = P_б^{i-1} + \left(1 - P_б^{i-1}\right) k_г^i \left(P_б^i P_{св}^i + \left(1 - P_б^i\right) P_{исп}^i\right),\ i > 1,$$

где $P_б^{i-1}$ - вероятность безотказной работы (выполнения задачи) нижнего $i-1$-го звена управления; $k_г^i$ - коэффициент готовности i-го звена управления; $P_б^i$ - вероятность безошибочной работы i-го звена; $P_{св}^i$ - вероятность своевременного решения задачи i-м звеном управления; $P_{исп}^i$ - вероятность исправления ошибочных действий i-м звеном управления.

Установлены закономерности изменения показателей надежности на каждом уровне системы управления процессом выемки угля:

- вероятность достижения запланированного объема добычи растет с увеличением уровня системы управления. С повышением вероятности своевременного решения задачи возрастает роль подсистемы «бригадир – звено ГРОЗ». Т.е. с повышением уровня безопасности вероятность выполнения задачи (достижения запланированного уровня добычи) будет главным образом определяться параметрами бригадира ГРОЗ (рис. 7);

- с увеличением числа горнорабочих, контролируемых бригадиром, уровень добычи снижается в линейной зависимости. При высоком коэффициенте готовности (загруженности) и вероятности безошибочной работы бригадира надеж-

ность более высоких подсистем в меньшей степени зависит от численности комплексной бригады;

- уровень добычи возрастает линейно с повышением вероятности безошибочной работы бригадира; особенно существенно для подсистемы «бригадир – звено ГРОЗ», так как ошибка при высокой надежности работы более высоких подсистем будет с большой вероятностью исправлена ними (рис. 8).

Основные рекомендации сводятся к следующему. С повышением вероятности своевременного выполнения задачи на каждом уровне системы управления процессом выемки возрастает роль бригадира, контролирующего работу комплексной бригады. Наиболее высокие требования должны предъявляться к его психофизическим параметрам (уровню информированности, готовности к выполнению задач, быстроте принятия решений, навыкам, опыту) и профессиональным качествам (квалификации, организованности, ответственности). Современный забой обязательно должен быть оснащен системой мониторинга параметров процесса выемки. Возникает необходимость в горнорабочем, в функции которого входит исключительно мониторинг процесса выемки угля.

Проведенный анализ показателей организационной структуры звена горнорабочих при различных ее вариантах: традиционная комбайновая выемка, струговая выемка, комбайновая с отдельным ГРОЗ-бригадиром - диспетчером очистного участка показал:

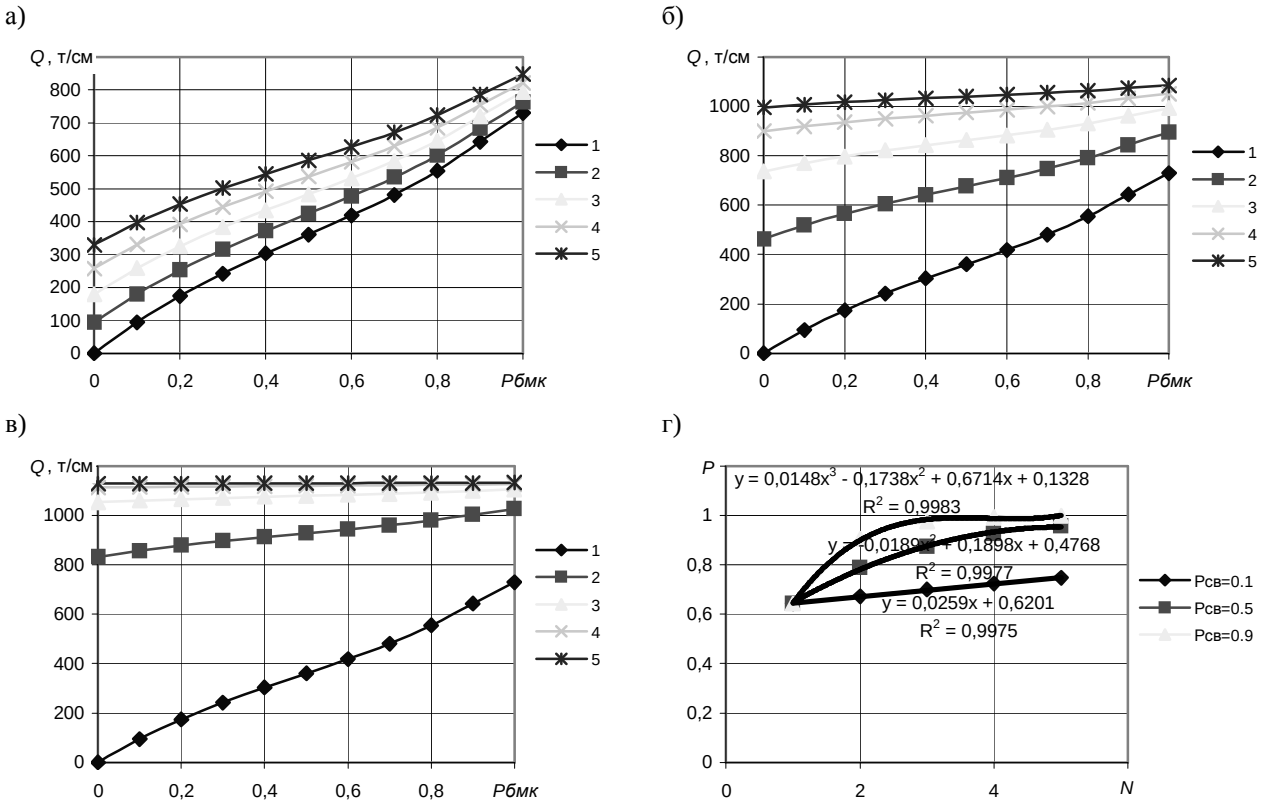


Рис. 7 - Зависимости уровня добычи от вероятности безошибочной работы машиниста комбайна для каждого уровня системы управления при вероятности своевременного выполнения задачи на каждом уровне а) $P_{св}^{i}$ =0,1 б) $P_{св}^{i}$ =0,5 в) $P_{св}^{i}$ =0,9; г) изменение вероятности выполнения задачи на каждом уровне системы управления

а) б)

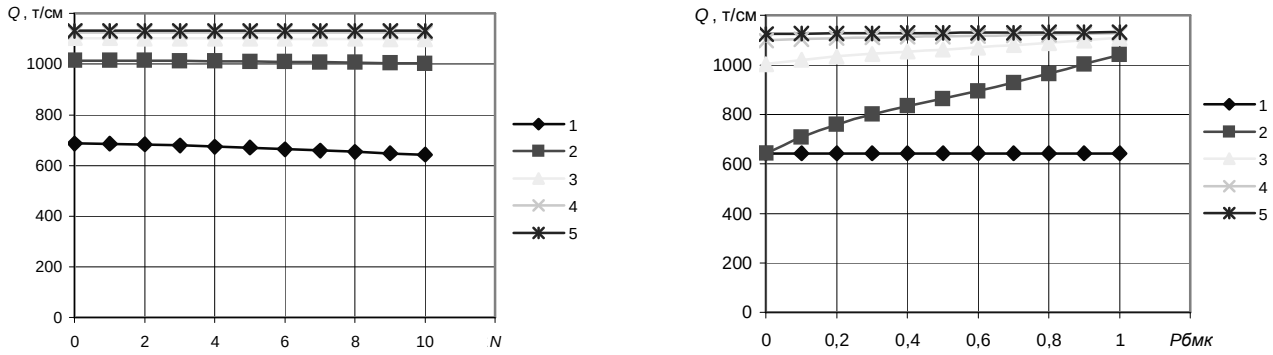


Рис. 8. Зависимость уровня добычи при вероятности своевременного выполнения задачи $P_{св}^{i}$ =0,9 от а) числа горнорабочих контролируемых бригадиром, б) вероятности безошибочной работы бригадира

- с точки зрения надежности, безопасности и производительности наиболее перспективной является организационная структура при комбайновой выемке с отдельным горнорабочим-бригадиром - диспетчером очистного участка. Данная схема является наиболее оптимальной с точки зрения рациональных параметров организации взаимодействия горнорабочих в бригаде. При этом диспетчер очистного участка должно иметь оперативный доступ к банкам данных – информации о горно-геологических условиях, параметрах аэрогазовой обстановки, состоянии техники, иметь информацию о каждом из горнорабочих бригады, их переговорах (бригада должна быть оснащена радиосвязью) и пр. Однако для такой организационной схемы актуальной является задача разработки методик оценки психологических параметров горнорабочих для достижения и поддержания благоприятного социального климата в бригаде.

Для оценки быстродействия, точности и устойчивости построена обобщенная структурная схема взаимодействия основных элементов-звеньев подсистем системы управления процессом добычи угля. Определена передаточная функция подсистемы «угольная шахта - группа высоконагруженных лав», которая находится как передаточная функция замкнутой системы с отрицательной обратной связью с учетом передаточных функций системы принятия решений руководством шахты, каналов связи (передачи информации от руководства шахты к бригадирам (диспетчерам) и системы контроля, диагностики и мониторинга параметров подсистем «бригадир(диспетчер) - звено ГРОЗ», передаточных функций подсистем «бригадир(диспетчер) - звено ГРОЗ», функционирующих как параллельно соединенные звенья:

$$W_{УШ-ВНЛ} = \frac{\sum_{i=1}^{q} W_{ГРОЗ-БРi} W_{РШ} W_{КС}}{1 - \sum_{i=1}^{q} W_{ГРОЗ-БРi} W_{РШ} W_{КС} W_{СК}},$$

где $W_{РШ}$, $W_{КС}$, $W_{СК}$ - передаточные функции, соответственно, системы принятия решений руководством шахты, каналов связи (передачи информации от руководства шахты к бригадирам (диспетчерам) и системы контроля, диагностики и мониторинга параметров подсистем «бригадир(диспетчер) - звено ГРОЗ»; q - число высоконагруженных лав шахты (подсистем «бригадир(диспетчер) - звено ГРОЗ», функционирующих как параллельно соединенные звенья) [6,7].

Выводы.

1. Для разработки рекомендаций, направленных на повышение производительности и безопасности условий труда шахтеров, предложено ряд методик, реализующих комплексный подход к учету человеческого фактора при оценке уровня аварийности и травматизма технологии комплексно-механизированной подземной добычи угля высоконагруженными лавами.

2. Разработана методика расчета и выбора рациональных параметров системы “звено ГРОЗ - очистной комплекс” в условиях высоконагруженных лав. В основу методики положена имитационная модель процесса выемки угля, учитывающая динамику изменения времени выполнения горнорабочими основных технологических операций в течение добычной смены и позволяющая учитывать и давать количественную оценку влияния на производительность комплексно-механизированных очистных забоев при разработке мероприятий по предотвращению аварий и снижению травматизма параметров, характеризующих готовность рабочих к выполнению технологических операций и способность рабочих восстанавливать силы.

3. Разработана методика оценки влияния психофизических и биомеханических параметров горнорабочих на эффективность функционирования системы “машинист – выемочный комбайн НТУ” в условиях высокнагруженной лавы. В основу методики положен разработанный алгоритм моделирования системы «машинист - выемочный комбайн НТУ» в условиях высоконагруженных лав, учитывающий влияние биомеханических и психофизических параметров человека, интегрального уровня его информированности, качественных характеристик и количества поступающей к нему информации на производительность выемочного комбайна НТУ.

4. Разработана методика оценки показателей надежности, качества (быстродействия, точности и устойчивости) и организационных параметров системы управления процессом добычи угля. Разработан алгоритм моделирования показателей надежности системы управления процессом выемки угля, основанный на различиях в характере непрерывности участия каждого из элементов системы в процессе управления. Проведенный анализ показателей организационной

структуры звена горнорабочих при различных ее вариантах: традиционная комбайновая выемка, струговая выемка, комбайновая с отдельным ГРОЗ-бригадиром - диспетчером очистного участка показал, что с точки зрения надежности, безопасности и производительности наиболее перспективной является организационная структура при комбайновой выемке с отдельным горнорабочим-бригадиром - диспетчером очистного участка. Для оценки быстродействия, точности и устойчивости построена обобщенная структурная схема взаимодействия основных элементов-звеньев подсистем системы управления процессом добычи угля, определены передаточные функции системы управления процессом добычи угля, ее подсистем и отдельных динамических звеньев.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Закон України “Про підвищення престижності шахтарської праці” // Голос України. – 2008. - № 175.
2. Згуровский М.З. Системный анализ: проблемы, методология, приложения / М.З. Згуровский, Н.Д. Панкратова. – К.: Наукова думка, 2005. - 744 с.
3. Приснякова Л.М. Нестационарная психология / Приснякова Л.М. – К.: Днипро, 2002. – 255 с.
4. Уткин В.Л. Биомеханика физических упражнений: Учеб. пособие / Уткин В.Л.— М.: Просвещение, 1989.— 210 с.
5. Зациорский В.М. Биомеханические основы выносливости / Зациорский В.М., Алешинский С.Ю., Якунин Н.А. – М.: Физкультура и спорт, 1982. – 207 с.
6. Бесекерский В.А. Теория систем автоматического управления / В.А. Бесекерский, Е.П. Попов. - СПб.: Профессия, 2004. – 752 с.
7. Теория автоматического управления: Учеб. для машиностроит. спец. вузов / [Брюханов В.Н., Косов М.Г., Протопопов С.П. и др.]; под ред. Ю.М. Соломенцева. - М.: Высш. школа, 2000. – 268 с.