

П.Е. Мухин, инж.
(ГП «ДЭТЦ»),
Ю.И. Кияшко, д.т.н.,
В.Г. Шевченко, д.т.н.
(ИГТМ)

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ХОДА
ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ С УЧЕТОМ
ОСОБЕННОСТЕЙ**

ПСИХОФИЗИОЛОГИИ ГОРНОРАБОЧИХ И ИХ РУКОВОДИТЕЛЯ

Виконано математичне моделювання ходу попередження аварійних ситуацій з урахуванням особливостей психофізіології гірників і їхнього керівника; дана кількісна оцінка особистісних психофізіологічних характеристик керівників дільниць і їхніх зв'язків з умінням не допускати аварійні ситуації.

**MATHEMATICAL MODELING OF A COURSE OF DISTRESSES
WARNING WITH ALLOWANCE FOR OF PSYCHOPHYSIOLOGY
FEATURES OF THE COLLIERIES AND THEIR HEAD.**

The mathematical modeling of a course of distresses warning with allowance for of psychophysiology features of the colliers and their head is executed; the quantitative assessment of the personal psychophysiological characteristics of the heads of segments and their relations with skill to not enable distresses is given.

При добыче угля в шахтах, особенно в периоды аварий, горняки работают часто на пределе своих психологических и физических возможностей. Это приводит к трудно предсказуемому их поведению. Особенно когда появляется неизбежность выбора: кого, что, как и в какой очередности спасти. Лучше исключить такой выбор, поэтому знания о том, как подготовить руководителя к действиям без аварий позволяют сохранить здоровье, жизнь каждого шахтера, участковое и общешахтное имущество. Пополнение, передача и применение в производственной деятельности этих знаний – важная социальная задача, направленная на сбережение наиболее ценного национального ресурса – людей.

В настоящее время есть только общие постановки возможных направлений решения возникающих при этом проблем. Пригодные для анализа и количественных оценок личностных психофизиологических характеристик шахтера теоретические основы пока не созданы [1-3]. Из исследований крупных аварий, анализа их обстоятельств и причин, установлено, что действия человека определяются, прежде всего, духовным складом характера, затем уровнем профессионализма и физическими возможностями [4,5].

Поэтому, математическое моделирование хода предупреждения аварийных ситуаций с учетом особенностей психофизиологии горнорабочих и их руководителя и количественная оценка личностных психофизиологических характеристик руководителей участков и их связей с умением не допускать аварийные ситуации, применение которой в виде метода повышает готов-

ность персонала к работе без аварий является актуальной научной задачей, которая имеет важное значение при обеспечении безопасности труда в угольных шахтах [6,7].

Сложность и напряженность работ, связанных с подземной добычей угля, определяется их интенсивностью и сильно зависит от тяжести условий труда, мотивации и профессионализма персонала. Объемы работ назначаются руководителями, а полнота и качество их выполнения горнорабочими зависят от многих факторов. Основные из них это – слаженность в работе коллектива и уровень профессиональной пригодности каждого из его членов, начиная с руководителей. В слаженном коллективе каждый делает то, что должен, при этом он хочет и умеет работать. Наиболее общей количественной характеристикой слаженности коллектива является устойчивость его производительности, определяющей конечный результат работ. Она же – основной показатель эффективности коллективного труда. На угольных шахтах труд сопряжен с опасностью для здоровья, а иногда и для жизни. Поэтому, кроме бригад по выемке угля, пород и их доставке на поверхность, персонал включает небольшие шахтерские коллективы специального назначения. Они обеспечивают безопасность всех участников работ в шахте. Кроме этого каждый коллектив обеспечивает собственную безопасность на вверенном ему участке работ. Таким образом достигается специализация по основным и вспомогательным процессам и одновременное обеспечение безопасности: личной, групповой и коллективной. Применительно к добычному участку уравнения, связывающие характеристики работников с конечным результатом их труда такие:

$$A_n = \sum_{i=1}^n q_{Ai} k_{zai} \approx 3(n-m)q_A k_{za}, \quad (1)$$

где A_n - нагрузка на лаву, т/сут; q_A - производительность звена, т/смену; $\sum_{i=1}^n q_i$ - коллективная производительность труда на добычных работах, т/сут; 3 – количество смен в сутки по выемке угля; k_z - интегральная готовность лавы к добыче угля в количестве A_n .

$$B_{сут} = 4mq_6 k_{z6}, \quad (2)$$

где $B_{сут}$ - суточное подвигание лавы, м. Работы по предупреждению аварийных ситуаций (ПРАС) приведены к подвиганию лавы; m - количество горнорабочих по предупреждению аварийных ситуаций; q_6 - производительность каждого из горнорабочих, м/чел.-смену; 4 – количество рабочих смен в сутках.

Труд каждого из работающих на добычном участке оплачивается в соответствии с его квалификацией, стажем работы и зависит от других факторов. Вместе с этим зарплата звена, бригады и коллектива участка в целом опреде-

ляется уровнем выполнения задания по добыче при соответствующем качестве работ. Работы для предупреждения аварийных ситуаций по уровню требуют квалификации, как правило, ниже, а по интенсивности трудозатрат каждого работающего – часто выше, чем при добыче угля в лаве. Однако предупреждение аварий – залог безопасности всех работающих на участке. Процессы добычи, как правило, стабильны, а появление зародыша аварии в большинстве случаев вероятностный процесс. Специалисты считают, что вероятность появления аварий обратно пропорциональна объемам и качеству работ по их предупреждению. Высокая зарплата для шахтера не самоцель, если сам труд не будет безопасным. В короткое время можно потерять многое или все из того, что зарабатывалось годами. Поэтому в слаженном коллективе соблюдается принцип гармоничности между мотивацией каждого члена (x), его профессиональными возможностями (m) и чувством коллективной ответственности (d) за здоровье и жизнь каждого из членов и свои собственные. Эти характеристики духовного мира работника могут быть связаны с параметрами труда такими выражениями:

$$\text{хочу: } x = \frac{3П + \Delta 3П S_x}{3П_{\max}}; \quad (3)$$

$$\text{должен (несут ответственность): } \begin{cases} d_1 = \left(1 + \frac{\Delta q S_d}{q}\right) \frac{T_{cm} - t_{nep}}{T_{cm}}; \\ d_2 = TP - \Delta T_p S_{mp} \end{cases}; \quad (4)$$

$$\text{могу: } m = \frac{T_o}{T} = \frac{N + \Delta N S_m}{H_w(1 - US_w)}, \quad (5)$$

где x - выраженное в относительных денежных единицах стремление: заработать больше, получить другие блага, которые можно оценить деньгами; $3П$ - оплата труда, например, тарифная ставка, грн; $\Delta 3П$ - желаемая надбавка, грн; S_x - показатель, характеризующий «самонастройку», т.е. стремление к получению надбавки; теоретически S_x может быть \leq или ≥ 0 , однако работников, стремящихся получать меньше чем $3П$, кроме исключений – нет, поэтому $0 < S_{3П} \leq 1$, причем у хороших работников $\Delta 3П S_{3П}$ всегда > 0 ; d - выраженное в относительных единицах производительности чувство долга работника перед собой и коллективом; TP - количество случаев травматизма при реализации q (из статистики); S_{mp} - стремление к безопасному труду; $\Delta q S_d$ - реализация стремления работника вложить в общее дело больше труда, чем положено (q) по ситуации, например, во благо других для роста суточной добычи; S_d - по аналогии с $S_{3П}$ - «самонастройка» на дополнительную помощь (совет, труд) нуждающимся в ней; теоретически $-1 \leq S \leq 1$, а $\Delta q S_d \leq$ или ≥ 0 ; это означает, что при $S_d > 0$ человек – альтруист, при $S_d = 0$ - человек равно-

вешенный, $S_d < 0$ - хитрец и/или вялый-неволевой и/или имеющий слабое здоровье или не желающий напрячься и т.п. (такие случаи очень редкие – коллектив отторгает лентяев, хитрецов не желающих учиться труду и других); m - выраженные в относительных единицах профессиональные возможности работника (его потенциал или способность замещать на этой работе нескольких других); ΔNS_m - реализация дополнительного потенциала при необходимости «напрячься»; S_m - самонастройка на реализацию ΔN ; $T_э$ - эффективное время работы в течении смены T ; U - умение затрачивать при выполнении работы меньше труда, чем другие; $t_{пер}$ - продолжительность перерывов.

Последнее уравнение (5) требует более детального пояснения. Отношение N/H_w - это, вообще говоря, способность реализовать мощность человека (по аналогии с машиной) при выполнении конкретного процесса. Опыт выполнения и результаты изучения таких процессов позволили количественно установить удельные энергозатраты. Естественно, они усреднены по группам сходных процессов и по характеристикам работников в зависимости от различных факторов. Например, при работах по ручному возведению бутовых полос на сопряжениях лавы работник эпизодически вынужден затрачивать до 10 ккал в каждую минуту или свыше 40 кДж/мин. Средний по физическим кондициям шахтер располагает энергетическими возможностями для труда в пределах 1-1,5 тыс. ккал в сутки или 170-250 ккал в час в течение 6-тичасовой рабочей смены. Несложный расчет показывает, что на пределе физических возможностей шахтер не сможет проработать больше, чем:

$$T_{\max} = \frac{250 \cdot 6}{10 \cdot 60} = 2,5 \text{ часа.}$$

Даже, если он знает, что заработает много денег и чувствует, что должен сделать свою работу во имя общей цели звена. Опытный и квалифицированный рабочий умеет в отличие от новичка и непрофессионала, благодаря знаниям и рациональным приемам труда существенно снизить энергозатраты на выполнение одинаковой работы. В этом ему также помогают знания и приемы (умение) в обращении со средствами труда и умение сотрудничать с другими шахтерами. Кроме этого он умеет равномерно распределять силы в течение рабочей смены. Для примера приведем такие расчеты.

Новичок, которому поручено выгрузить уголь из ниши, располагает 1200 ккал для работы в течение смены. Это до 1,4 кВт×ч. С учетом всех перерывов он может работать 5 часов, реализуя мощность до 0,28 кВт. В среднем же на этот процесс затрачивается 1500 ккал, за 5 часов или до 0,35 кВт. Если у новичка есть стремление S_m доказать, что он может трудиться в режиме такой энергоотдачи и это стремление максимальное ($S_m = +1$), то он реализует дополнительную мощность из резервов своего организма. Это $(0,35 - 0,28) : 0,35 = 20\%$ от средних энергетических возможностей. Кроме этого,

раньше он не работал в таком режиме. Поэтому его умения пока находятся в отрицательной области, т.е. $U_w = -0,2$. Профессиональные возможности новичка при максимальном стремлении ($S_w = 1$) работать хорошо равны:

$$\text{(новичок)} \quad m = \frac{0,28 + 0,2 + 0,28 \cdot 1}{0,35(1 + 0,2)} = 0,8, \text{ т.е. } 80 \%$$

Если стремления новичка реализовать резервную мощность $S_m = 0$, то его профпригодность находится на уровне 67%.

Другое дело профессионал. При одинаковой с новичком величине N , его умения находятся в положительной области значений. Если профессионал стремится реализовать свое умение в полном объеме, то при $U_w = +0,5$,

$$\text{(профи)} \quad m = \frac{0,28}{0,35(1 - 0,5)} = 1,6, \text{ т.е. } 160 \%,$$

а если он еще искренне стремится помочь новичку ($S_m = 1$) и реализует из своего резерва 20 % дополнительной мощности, то m профессионала равны:

$$\text{(профи)} \quad m = \frac{0,28 + 0,2 \cdot 0,28 \cdot 1}{0,35(1 + 0,5)} = 1,92,$$

т.е. его возможности удваиваются по сравнению со средними и утраиваются по сравнению с минимальными.

Из этих соотношений следует одна из интерпретаций известной работникам истины: обученный и стремящийся работать стоит 3-х необученных со слабым желанием и небольшим умением трудиться ($1,92 : 0,67 \approx 3$).

Зарплата звена определяется уровнем выполнения задания по добыче угля. Поэтому при высоком коэффициенте готовности операций по выемке угля в лаве в целом этот процесс достаточно стабилен. Вероятность аварий по фактору «незавершенность порученных процессов» собственно в лаве весьма невысокая, если нет спешки и затрат труда на завершение работы предшествующих смен. Вероятность появления аварий из-за незавершенности противоаварийных мер в пределах участка работ наоборот – высокая. В таблице 1 представлен обобщенный список процессов, выполняемых в течение добычной смены в лаве. Основные информационные (И) и энергетические (Ф) процессы, выполняемые горнорабочими и руководителем участка работ в течение суток приведены в таблицах 2 и 3.

Готовность коллектива $K_{ГБ/Р}$ к безаварийной работе в лаве в течение добычной смены можно представить в виде такого произведения:

$$K_{ГБ/Р} = K_{ГА} K_{ГВ} K_{ГС}, \quad (6)$$

где $K_{ГА}$ - готовность части звена к безаварийной работе в лаве; $K_{ГВ}$ - готовность части звена к работам по предупреждению аварийных ситуаций; $K_{ГС}$ - готовность коллективов в общешахтных подсистемах к безаварийной работе.

Таблица 1 - Список процессов, выполняемых в течение добычной смены в лаве

Процесс	Вид труда (механизированный или ручной)
<p>Основных ($k_{за}$)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Выемка угля и доставка 2. Крепление лавы 3. Крепление сопряжений 4. Передвижка элементов транспортной цепочки 5. Выемка ниш 6. Работы на концевых участках 	<p>М М Р МР Р Р</p>
<p>По предупреждению аварийных ситуаций ($k_{зв}$)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Обеспечение проветривания 2. Нарращивание противопожарного става 3. Перемещение средств противоаварийной защиты 4. Перемещение электрооборудования и кабелей 5. Обеспечение связи 6. Перемещение пункта безопасности ВГК 7. Обеспечение освещения 8. Обеспечение правильной работы датчиков 8. АГК: перемещение, наладка и пр. 9. Снабжение противоаварийными средствами 	<p>Р Р Р Р Р Р (част. М) Р Р Р Р (част. М)</p>
<p>Обеспечивающих</p> <p>Доставка материалов, грузов, запчастей и т.п.</p> <p>Другие, в том числе ремонтные и технологического характера</p>	<p>М, Р М</p>
<p>Общесистемного характера</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Обеспечение УКТ 2. Обеспечение ОШ-вентиляции и ПГ-режима 3. Обеспечение ПАЗшахты 4. Работы по подготовке персонала к ПАС 5. Другие, в том числе по электро-, воздухо-, водоснабжению и пр. 	<p>Р Р Р Интелл. Р, М</p>

На работы по выемке угля начальник участка направляет профессионально подготовленных горнорабочих. Это люди опытные с устоявшимся мировоззрением и сильными характерами. Они знают, сколько денег зарабатывают за смену, месяц и какие действия в их отношении осуществит руководство в случаях отклонений от производственного задания, они знают и другие нюансы работы. Им присуще чувство ответственности за возможные последствия собственных действий, а также действия других работающих в бригаде людей, которые могут привести к авариям. Чувство ответственности формирует у них личную программу действий в рамках тех норм, которые устойчиво закреплены в их памяти. Эта программа основана на создании того, что и как необходимо сделать, чтобы было выполнено задание при этом не было бы травм и угроз травмирования работающих, причем не только в периоды текущей, но и последующих смен (см. уравнением (4)).

Таблица 2 - Основные информационные (И) и энергетические (Ф) процессы, выполняемые горнорабочими в течение суток

Наименование процесса	Вид процесса (И,Ф)	Удельные энергозатраты, ккал/мин	Нормальное распределение энергозатрат в процессе суток в часах	Затраты труда по процессам, ккал
1. Восприятие выданного наряда, осмысливание результатов, планирование работы	И И	36×10^{-3}	0,25-0,5	0,71 8,64
2. Уточнение задания (вопросы-ответы)	И, Ф	2,0-3,0	В ходе п.1	49,5
3. Ход к месту работы: самостоятельно (в группе) доставка	Ф	1,8-3 0,5-0,7	0,3-0,5 0,2-0,3	57,6 9
4. Уточнение ситуации на месте	И	2,0-3,0	0,05-0,1	11,25
5. Коллективное или самостоятельное участие в ходе работ	Ф И	3-5 2-3	2-2,5 в ходе п. 5	540 337,5
6. Перерыв на отдых	И	0-2	0,1-0,2	9
7. Завершение работ после отдыха	Ф И	3-5 2-3	2,5-3 В ходе п.7	660 412,5
8. Обмен мнениями в процессе выхода самостоятельно (в группе) при доставке	Ф,И И, Ф	1,8-3 0,5-0,7	0,3-0,5 0,2-0,3	57,6 16,5
9. Подготовка к выезду от шахты	И,Ф	1,8-2	0,2-0,3	28,5
10. Доставка к месту проживания	И,Ф	До 1	0,2-0,5	21
11. Личное время	И,Ф	1-3	До 6	720
12. Пополнение энергии в процессе отдыха и сна	И Ф	$- 36 \times 10^{-3}$ -3	До 7 До 7	15,12 1260
13. Подготовка к выезду на шахту после сна	И,Ф	До 1	0,3-0,5	21
14. Доставка на шахту	И,Ф	До 1	0,2-0,5	21
15. Подготовка к восприятию наряда, обмен мнениями с сотрудниками	И,Ф	До 1	0,05-0,1	21
Наибольшие затраты на основные процессы: Ф И				1315,2 749,5

Таблица 3 - Основные информационные (И) и энергетические (Ф) процессы, выполняемые руководителем участка работ в течение суток

Наименование процесса	Вид процесса (И,Ф)	Удельные энергозатраты, ккал/мин	Нормальное распределение энергозатрат в процессе суток в часах	Затраты труда по процессам, ккал
1. Переработка информации о состоянии дел во сне по оценкам на момент его наступления а) позитивным б) негативным в) не совсем ясным г) вызывающим тревогу	И И,Ф Ф,И	$3,6 \times 10^{-3}$ до 3 до 1 3-5	8 $\Delta=0$ 6 $\Delta=2$ 7 $\Delta=1$ 5 $\Delta=3$	17,28 540 210 1200
2. Пополнение (забор) энергии в процессе сна в ситуациях п.1 а) позитивным б) негативным в) не совсем ясным г) вызывающим тревогу	И И,Ф Ф,И Ф,И	До 5 -3 -1 -3-5	8 2 1 3	1200 180 30 720
3. Подготовка к выезду на шахту после сна а) позитивным б) негативным в) не совсем ясным г) вызывающим тревогу	И И,Ф И,Ф Ф,И	$+36 \times 10^{-3}$ до 3 до 1 3-5	0,3-0,5 0,3-0,5 0,3-0,5 0,3-0,5	0,864 36 12 96
4. Следование на шахту а) позитивным б) негативным в) не совсем ясным г) вызывающим тревогу	И И,Ф И,Ф Ф,И	$+36 \times 10^{-3}$ до 3 до 1 до 1	0,2-0,5 0,2-0,5 0,2-0,5 0,2-0,5	0,756 31,5 10,5 10,5
5. Подготовка к выдаче наряда а) позитивным б) негативным в) не совсем ясным г) вызывающим тревогу	И И,Ф И,Ф Ф	$+36 \times 10^{-3}$ до 3 до 1 3-5	0,1-0,15 0,1-0,15 0,1-0,15 0,1-0,15	0,27 1,125 3,75 30
6. Выдача наряда а) в эмоциях б) сконцентрировано	И И	$+36 \times 10^{-3}$ до 5	0,25-0,5 0,25-0,5	0,81 56,25
7. Участие в уточнении задания а) в эмоциях б) сконцентрировано	И И	$+36 \times 10^{-3}$ до 5	В ходе п. 6	0,81 56,25
8. Контроль хода работ, текущая работа а) в эмоциях б) сконцентрировано	И Ф	До 3	2-2,5	202,5
9. Перерыв на отдых	И,Ф	1,8-2	0,1-0,2	17,1
10. Получение информации в процессе завершения работ на участке	И Ф	До 1	2,5-3	82,5
11. Переработка информации в процессе следования к месту проживания и в личное время	И Ф	До 1 До 3	До 5 До 5	75 225
12. Подготовка решений для их принятия утром	И Ф	До 1 До 3	До 1 До 3	15 135
Наибольшие затраты на основные процессы: Ф И ИФ				2248,29 390 2647,725

На работы по упреждению аварий (см. табл. 1) направляют, как правило, работников с небольшим трудовым стажем под контролем опытного. Уровень их профессионализма гораздо ниже, чем у работников на выемочных операциях, хотя стремления к высокой зарплате в большинстве случаев выше. Синтез S_x, S_d, S_m, S_w в период добычной смены определяет уровень и полярность отношения к труду каждого работника: позитивное $S > 0$, негативное $S < 0$ или безучастное $S = 0$. Управление этими стремлениями осуществляют руководители работ. Прежде всего это – выдающий наряд-здание, а затем контролирующий его выполнение в шахте. Естественно, что на управление расходуется энергия. Руководители умеют во время дать «установку» на действия, поощрить, или пресечь, или нормировать то или иное стремление. Другими словами у работника и начальника есть общие и специфические особенности синтеза стремлений.

Общие – стремление заработать как можно больше денег с минимальными энергозатратами, травмами, потерями, поломками, простоями, вероятностью аварий и т.п.

Специфические для работника и начальника в соответствии с их личностными психофизиологическими характеристиками.

Стремления хорошего работника – думать и действовать во благо себя учитывая, в меру своего долга, интересы других в соответствии с обстановкой и ответственностью перед ними.

Стремление руководителя, контролирующего выполнение задания – думать и действовать во благо себя, персонально направляя каждого и заботясь о нем в процессе контроля.

Стремление руководителя, выдающего наряд – стабильно думать и действовать во благо всего коллектива, предвидеть и предотвратить любые события, следствия которых могут привести к травмам, аварийным ситуациям, потерям и т.п.

Энергетический потенциал работника в основном реализуется в виде физического труда. Для реализации его стремлений расходуется другой вид энергии, связанной с мышлением в том числе с руководством эмоциями и физическими нагрузками. Большую роль в реализации этих видов энергии играет «самонастройка» и «установка» на цель. Управление уровнем и полярностью «самонастройки», а также выдача (или не выдача) соответствующей «установки» - это долг руководителя.

Таким образом, структура математического выражения стремления руководителя иная, чем у работника и может иметь такой вид:

$$S_{KRi} = \frac{(\pm S_{ГPi})(\pm U_{KRi})}{|S_{ГPi}U_{KRi}|}, \quad (7)$$

где $S_{ГPi}$ - одно из стремлений работника; U_{KRi} - умение руководителя сделать стремление работника позитивным и одновременно увеличить его уровень.

Например, опытный рабочий совместно с 2-мя малоопытными наращивают противопожарный став. При этом первый знает, что уровень оплаты его труда выше, чем у каждого из малоопытных. Вместе с этим, чувство долга опытного рабочего сохранить собственное здоровье, здоровье обоих малоопытных, а также избежать травматизма очень высокое. Следовательно, его стремление к реализации долга позитивное и полное, т.е. равно +1. Кроме этого, опытный рабочий лучше, чем малоопытный умеет наращивать став. Он знает как организовать этот процесс, используя большие физические возможности малоопытных и своей опыт.

Затраты труда по наращиванию единицы длины става известны и составляют с учетом сменного объема работ в среднем 180 ккал. Опытный рабочий способен в одиночку выполнить все эти работы. Уровень его профессиональных возможностей такой (см. уравнение 5):

$$m_{\text{онп}}^{\text{max}} = \frac{N + \Delta NS_m}{H_w(1 - V_w S_w)} = \frac{3 + 0,25 \cdot 1}{4(1 - 0,5 \cdot 1)} = 1,625.$$

Из этого уравнения следует, что его максимальный профессиональный потенциал в 1,625 раз выше, чем у специалиста со средним уровнем квалификации. Однако для выполнения всего объема работ он затратит

$$T_{\text{онп}} = \frac{EH_w(1 - U_w S_w)}{H_w(N + \Delta NS_m)} = \frac{180 \cdot 4(1 - 0,5 \cdot 1)}{4(3 + 0,25 \cdot 1)} = 27,6 \text{ мин.}$$

Это много. Работая в одиночку опытный шахтер не успеет выполнить другие задания, порученные ему и его двоим сотрудникам. Если каждый из них работает в одиночку, то уровень профессионализма можно определить по такой формуле:

$$m_{\text{модр}} = \frac{N + \Delta NS_x}{H_w(1 - U_w S_w)} = \frac{3 + 0 \cdot 0}{4(1 - 0,1 \cdot 1)} = 0,83.$$

Без участия опытного рабочего время наращивания става каждым из малоопытных будет равным:

$$T_{\text{эм/о}} = \frac{E(H_w(1 - U_w S_w))}{H_w(N + \Delta NS_N)} = \frac{180 \cdot 4(1 - 0,1 \cdot 1)}{4(3 + 0 \cdot 0)} = 54 \text{ мин.}$$

Из результатов расчета следует, работая в одиночку, каждый из рабочих выполнит задание за 27,6 и 54 минуты, если:

- 1) он умеет и стремится это делать или
- 2) не обладает достаточными навыками, да еще и не старается их преумножать в процессе работы.

Если опытный рабочий умеет организовать коллективный труд, то он по-

ступает так:

а) максимально использует физические возможности 2-х малоопытных и свои личные знания;

б) максимально использует свои знания и умения для того, чтобы каждый в коллективе реализовывал свое умение в полном объеме и в течение заданного времени;

в) передает часть своих знаний каждому из малоопытных по мере необходимости;

г) заботится о своей, коллективной и безопасности каждого работающего перед началом и в процессе работ.

При выполнении условий а)-г) срабатывают механизмы сложения умений и стремлений каждого при выполнении общего для всех процесса. Ход механизма сложения можно представить таким выражением:

$$SU_1 + SU_2 + SU_3 = S_{\Sigma} (U_1 + U_2 + U_3), \quad (8)$$

из которого следует, что:

$$S_{\Sigma} = \frac{SU_1 + SU_2 + SU_3}{U_1 + U_2 + U_3}, \quad (9)$$

где $S_1 \dots S_3$, $U_1 \dots U_3$ - стремления и умения опытного рабочего и малоопытных, соответственно.

Надо сказать, что этот механизм действует, если у всех работников единый объект труда. Произведение SU надо рассматривать, как свойство личности реализовывать умение при соответствующем стремлении. Это в случае самостоятельной работы. Возможны различные варианты проявления этого свойства - рисунок 1 и далее.

1) $SU_{00} = 0 \cdot 0 = 0$ - не хочет и не умеет;

2) $SU_{01} = 0 \cdot 1 = 0$ - не хочет, но умеет;

3) $SU_{10} = 1 \cdot 0 = 0$ - хочет, но не умеет;

4) $SU_{11} = 1 \cdot 1 = 1$ - хочет и умеет;

5) $SU_{0-1} = 0 \cdot -1 = 0$ - не хочет работать, а умения основаны на глубоко ошибочных или на качественно новых знаниях как надо делать;

6) $SU_{-10} = -1 \cdot 0 = 0$ - уверен, что делать надо все наоборот – вопреки здравому смыслу, но не умеет это делать;

7) $SU_{-1-1} = -1 \cdot -1 = 1$ - уверен, что делать надо все наоборот, но умения основаны на глубоко ошибочных или на качественно новых знаниях как надо делать

8) $SU_{-11} = -1 \cdot 1 = -1$ - уверен, что делать надо наоборот, причем умеет так делать;

9) $SU_{1-1} = 1 \cdot -1 = -1$ - хочет делать правильно, но не делает этого.

Из анализа приведенных вариантов для выполнения достаточно простого процесса наращивания трубопровода малоопытный рабочий, учитывая, что он прошел предварительное обучение перед спуском в шахту, вероятнее всего будет располагать таким умением:

$$U_w = \frac{B}{B_{\max}}, \quad (10)$$

где B - возраст малоопытного рабочего, лет; B_{\max} - максимально возможный возраст для работы в подземных условиях (50 лет), лет.

На рисунке 1 приведена иллюстрация полноты умения и стремления трудиться, их позитивности, негативности или безучастного отношения к делу.

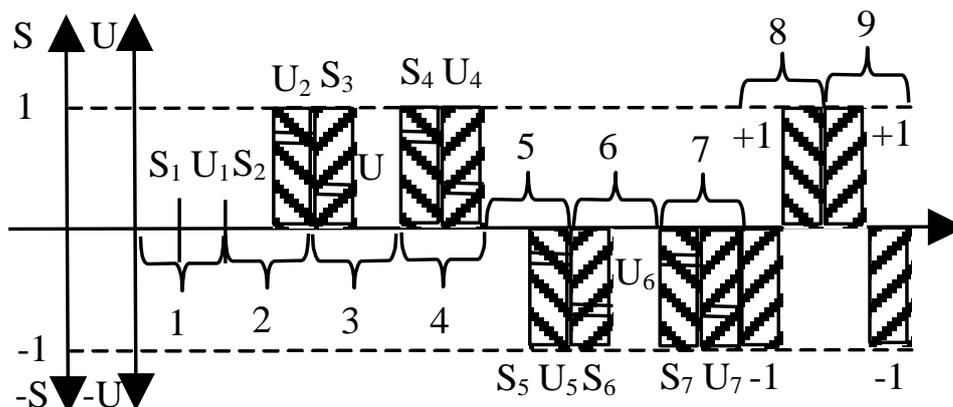


Рис. 1 – Иллюстрация полноты умения и стремления трудиться, их позитивности, негативности или безучастного отношения к делу

Стремления «самонастраиваться» на реализацию умения зависят от многих факторов. Допустим, что они равны для новичка

$$S_w = \begin{cases} 0,5U & \text{при } U_w < 0,5, \\ 0,33U & \text{при } U_w \geq 0,5. \end{cases} \quad (11)$$

Из (11) следует, что если малоопытному рабочему 25 лет, то согласно (10) его умения равны $U = 0,5$, согласно (11), часть 2, $S = 0,23 \cdot 0,5 = 0,165$, а $SU = 0,5 \cdot 0,165 = 0,0825$. У опытного рабочего $S = U = SU = 1$. Обратимся к уравнению (9), из которого следует, что

$$S_{\Sigma w} = \frac{1 + 0,0825 + 0,0825}{1 + 0,5 + 0,5} = 0,5825.$$

Этот результат свидетельствует, что кроме стремлений группы выполнять задания для достижения $S_{\Sigma} = 1$, необходимы дополнительные директивы. Продолжительность выработки директив, выдачи распоряжений руководителем участка по выполнению работ в безаварийном режиме зависит от количе-

ства сообщений об угрозах потерь здоровья работающих в пределах участка и фактах, на которых эти сообщения основаны:

$$T = \frac{N_{cy} + N_{cф}}{V_R} + \tau_{ер}, \quad (12)$$

где T - продолжительность принятия и реализации решений, с; N_{cy} , $N_{cф}$ - соответственно – количество сообщений об угрозах потерь и фактах на которых эти сообщения основаны; $\tau_{ер}$ - время выдачи распоряжений, с; V_R - быстрота реагирования на сообщения об угрозах потерь, с⁻¹;

Удельный вес сообщений N_{cy} и $N_{cф}$ в общем потоке данных о ходе работ в пределах участка характеризует его готовность к работе в безаварийном режиме:

$$K_{эба} = 1 - \frac{N_{cy} + N_{cф}}{J_{xp}}, \quad (13)$$

где $K_{эба}$ - коэффициент готовности участка к работе в безаварийном режиме; J_{xp} - часть массива информации о ходе работ в пределах участка, которой располагает руководитель из сообщений на оперативных совещаниях, при выдаче нарядов, из разговоров с работниками на участке в шахте, вышедшими из нее, с горным диспетчером, вышестоящими руководителями и из других источников.

$K_{эба}$ является индикатором осведомленности руководителя в части состояния дел и хода работ по предупреждению различных видов потерь.

Быстрота V_R реагирования на прямые сообщения об угрозах потерь и других, иногда малозаметных фактах, на которых эти сообщения основаны, зависит от опытности руководителя и его личностных психофизиологических особенностей:

$$V_R = \frac{\tau_{cm}}{C_R} \psi_{\tau/R} + k_{реф}, \quad (14)$$

где τ_{cm} - стаж работы в шахте, лет, с учетом стажа работы в должности; C_R - количественная оценка склонности руководителя к риску потерь, определяемая из тестов или по другим оценкам, доля единиц; $\psi_{\tau/R}$ - коэффициент эквивалентности величин τ_{cm} и C_R и единиц их измерения, (с лет)⁻¹; $k_{реф}$ - коэффициент рефлекторности, характеризующий прирост величин V_R в процессе дополнительных тренировок, с⁻¹.

Быстрота реагирования изменяется от подготовленности руководителей участков к восприятию опасности. Из данных шахт ГП «Свердловантрацит»

установлено, что C_R сильно зависит от уровня технологической дисциплины на предприятии в целом.

Кроме быстроты реагирования на сообщения об угрозах потерь руководитель должен уметь вырабатывать конкретные решения, формулировать директивы и выдавать четкие распоряжения по выполнению работ в безаварийном режиме.

Надежность Q наиболее ответственного процесса – выработки директив зависит от опытности руководителя, а также от комплекса его личностных психофизиологических характеристик:

$$Q_i = \Phi \left(\tau_{cm} \sum_{i=1}^u \Pi \Phi X_i \right), \quad (15)$$

причем в процессе его анализа установлены такие зависимости:

1) Q в части устранения угрозы здоровью работающих зависит стажа τ_{cm} работы, бдительности и ответственности за жизнь людей

$$Q_1 = \psi_{q/a} O(\text{Альт}) \psi_{\dot{u}/\delta} B_\delta \psi_\tau \tau_{cm}, \quad (16)$$

где $O(\text{Альт})$ - зависимость ответственности от альтруистичности; B_δ - уровень бдительности; τ_{cm} - стаж работы в шахте; $\psi_{q/a}$, $\psi_{q/\delta}$, ψ_τ - коэффициенты эквивалентности величин и единиц их измерения;

2) Q в части устранения угрозы потерь материальных ценностей кроме τ_{cm} и B_δ зависит от подчиняемости ПЧ долгу и склонности руководителя к лидерству L

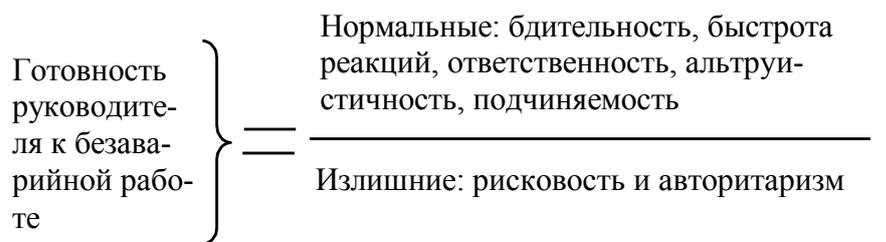
$$Q_2 = \tau_{cm}^* B_\delta^* \frac{\psi_{q/n} \text{ПЧ}}{\psi_{q/l} L}, \quad (17)$$

где τ_{cm}^* , B_δ^* - члены уравнения (16) в свернутом виде.

Комплексный критерий готовности руководителя к работам без аварий равен производству $V_R Q$ и в развернутом виде представлен таким равенством

$$K_{нф} = \tau_{cm}^* B_\delta^* \left[\frac{\psi_{\tau/R}}{C_R} + k_{реф} + OT(\text{Альт}) + \frac{\text{ПЧ}^*}{L^*} \right], \quad (18)$$

В структурно-словесной форме равенство (18) представлено в таком виде:



На основе выполненного математического моделирования хода предупреждения аварийных ситуаций с учетом особенностей психофизиологии горнорабочих и их руководителя сделаны следующие основные выводы:

1. Вероятность появления аварий обратно пропорциональна объемам и качеству работ по их предупреждению. В слаженном коллективе соблюдается принцип гармоничности между мотивацией каждого члена, его профессиональными возможностями и чувством коллективной ответственности за здоровье и жизнь каждого из членов и свои собственные.

2. Продолжительность выработки директив, выдачи распоряжений руководителем участка по выполнению работ в безаварийном режиме зависит от количества сообщений об угрозах потерь здоровья работающих в пределах участка и фактах, на которых эти сообщения основаны. Быстрота реагирования на прямые сообщения об угрозах потерь и других, иногда малозаметных фактах, на которых эти сообщения основаны, зависит от опытности руководителя и его личностных психофизиологических особенностей.

3. Надежность наиболее ответственного процесса – выработки директив зависит от опытности руководителя, а также от комплекса его личностных психофизиологических характеристик: склонности к риску, лидерству, подчиняемости, бдительности и пр. Надежность в части устранения угрозы здоровью работающих зависит стажа работы, бдительности и ответственности за жизнь людей. Надежность в части устранения угрозы потерь материальных ценностей кроме стажа и бдительности зависит от подчиняемости долгу и склонности руководителя к лидерству. Комплексный критерий готовности руководителя к работам без аварий равен произведению быстроты реагирования на прямые сообщения об угрозах и надежности выработки директив.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Профессиональный отбор рабочих угольных шахт / А.В. Чувалов, И.А. Бабокин, Е.П. Захаров, В.А. Олейников. - М: Недра, 1979. - 279 с.
2. Захаров Е.П. К оценке условий труда горнорабочих механизированных очистных забоев угольных шахт / Захаров Е.П., Олейников В.А., Тополов В.С. // В кн.: 3-й съезд гигиенистов и санитарных врачей Азербайджана. Баку, 1975. – С. 350-351.
3. Захаров Е.П. Экономическая и физиологическая эффективность труда горнорабочих механизированных очистных забоев угольных шахт при различных схемах выемки угля / Захаров Е.П., Олейников В.А., Тополов В.С. // В кн.: Опыт промышленных предприятий по сокращению затрат тяжелого ручного труда. Горький, 1975. Ч.2. – С. 350-351.
4. Брюханов А.М. Научная основа программы повышения безопасности труда на угольных шахтах Украины / А.М. Брюханов // Уголь Украины. - 2004. - № 2. - С. 27-29.
5. Состояние техники безопасности и эффективность функционирования противоаварийной защиты угольных шахт / А.Ф. Булат, В.В. Фичев, И.А. Яценко, В.Г. Красник, Н.Б. Левкин, И.Е. Кокоулин, Т.В. Бунько, Н.С. Кузьменко. – Днепропетровск: ООО «Норд-Компьютер», 2005.- 266 с.

6. Кияшко Ю.И. К совершенствованию системы внедрения новой техники на шахтах. Кадровый вопрос / Ю.И. Кияшко, В.Г. Шевченко // Науковий вісник Національного гірничого університету. – Дніпропетровськ. – 2010. - № 5. – С. 52-57.

7. О необходимости профессиональных тренингов по безопасности труда / В.Г. Шевченко, И.А. Ященко, П.Е. Мухин, Н.А. Ковалёв, В.И. Кацьянов // Уголь Украины. – 2011. - № 6. – С. 33-35.