

С.С. Саттаров, Г.С. Саттарова

**СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ НЕСЧАСТНЫХ СЛУЧАЕВ, ПРОИЗОШЕДШИХ
НА ШАХТАХ КАРАГАНДИНСКОГО УГОЛЬНОГО БАССЕЙНА**

Застосування системного підходу при аналізі виробничого травматизму і професійної захворюваності дає можливість враховувати комплексний вплив низки різних чинників на виникнення нещасних випадків на виробництві. Це дозволяє підвищити ефективність заходів і вимог з охорони праці.

Применение системного подхода при анализе производственного травматизма и профессиональной заболеваемости дает возможность учитывать комплексное влияние ряда различных факторов на возникновение несчастных случаев на производстве. Это позволяет повысить эффективность мероприятий и требований по охране труда.

Use of system approach in analyzing industrial injuries and occupational morbidity gives a possibility to take into account an overall impact of a number of different factors on occupational accident occurrence. This allows improving efficiency of measures and requirements on labor protection.

Охрана труда остается актуальной и серьезной проблемой для мирового сообщества, так как несчастные случаи на производстве и профессиональные заболевания происходят как в развитых, так и в развивающихся странах. Данные Министерства труда и социальной защиты населения Республики Казахстан показывают, что последние 7 лет ежегодно на производстве происходит более 3 тыс. несчастных случаев, при этом погибает в среднем 300 человек. Из них 30% приходится на горно-металлургическую отрасль. Поэтому на предприятиях горной промышленности необходимо разрабатывать систему мероприятий и требований по охране труда, направленных на обеспечение благоприятных условий труда на производстве. Разработать эффективную систему мероприятий можно только на основе изучения и анализа производственного травматизма и профзаболеваний.

Для проведения качественного анализа необходимо использовать системный подход [1]. В данной статье представлен системный анализ производственного травматизма и профессиональной заболеваемости, которые произошли на шахтах Карагандинского угольного бассейна с 1997 по 2006 гг. Несчастные случаи рассматривались в рамках системы «человек – машина – среда» (ЧМС). Целью этой системы является снижение показателей несчастных случаев на производстве. Система состоит из 3-х подсистем (рис. 1). Подсистема «человек» рассматривает работника шахты, осуществляющего трудовую деятельность на рабочем месте. Подсистема «машина» характеризует производственный процесс, включающий в себя технику и технологические процессы, которые применяются на рабочем месте в угольных шахтах. Подсистема «среда» представляет санитарно-гигиенические условия труда на рабочем месте. Подсистема «человек» является сложной, в ней выделены две отдельные подсистемы «профессионализм» и «время». Элементами подсистемы второго уровня «профессионализм» являются причины

несчастных случаев, связанные с уровнем профессиональной подготовки работников. В подсистеме «время» рассматривается зависимость несчастных случаев от времени их появления.

Работник в системе ЧМС выступает одновременно как объект негативного воздействия и как инициатор образования реальных опасностей. Это происходит в результате несоответствия способностей и навыков человека выполняемой работе. Если работник не обладает достаточными способностями и знаниями по определенному виду деятельности, то он чаще будет допускать ошибки и просчеты, которые приводят к аварийным ситуациям. Опыт и знания работника зависят от стажа его работы, а со стажем работы связан возраст человека. В связи с этим параметрами подсистемы «профессионализм», влияющими на уровень и тяжесть производственного травматизма и профзаболеваний, приняты возраст и стаж работника.

Работоспособность человека зависит от биологических ритмов функционирования его организма и гелиогеофизических явлений, которые в свою очередь характеризуются временными факторами, поэтому параметрами подсистемы «время» – являются часы смены, время суток, время года и день недели.

Опасность травмирования человека горными машинами зависит от физического состояния оборудования, которое определяется степенью износа. Поэтому в качестве параметра подсистемы «машина», влияющего на уровень и тяжесть производственного травматизма, принята степень износа горношахтного оборудования.

В качестве параметра подсистемы «среда» принят показатель класса условий труда по степени вредности и опасности, который получен в результате гигиено-физиологических исследований фактического состояния условий труда на рабочих местах в основных производственно-профессиональных группах шахтеров.

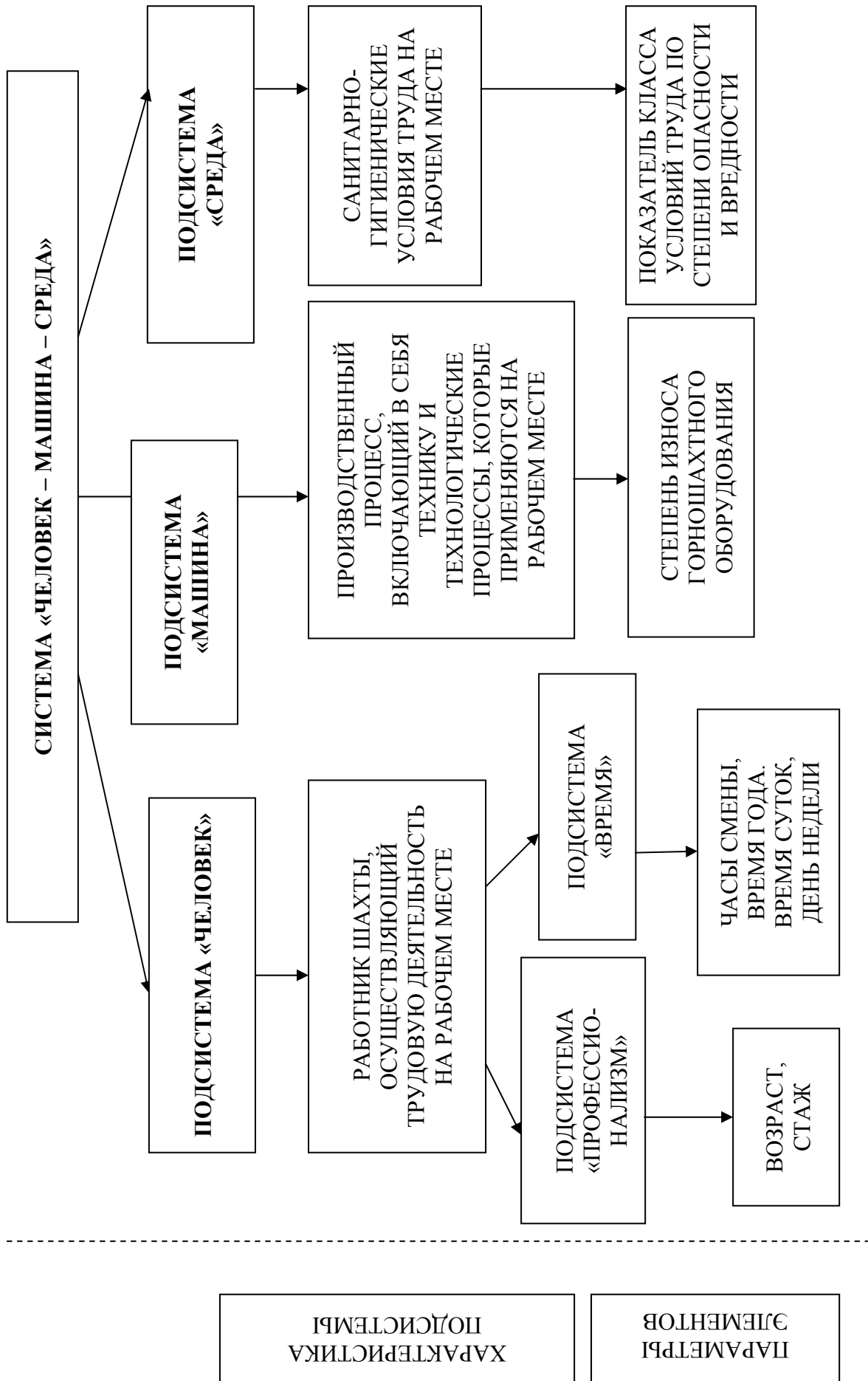


Рис. 1. Система «человек – машина – среда»

В результате исследования влияния этих параметров на уровень и тяжесть рассматриваемых несчастных случаев с помощью метода корреляционного анализа, были получены следующие зависимости [2]:

$$K_{чпт} (s, v) = (74,31E^{-0,07 \cdot s}) \times (0,95 + 0,002 \cdot v); R = 0,95, \\ SKO = 24,7\%; \quad (1)$$

$$K_{мтт} (s, v) = 13,69E^{0,018 \cdot v} - 0,22 + 1,49 / S; R=0,98, \\ SKO = 13,91\%; \quad (2)$$

$$K_{чпз} (s, v) = ((-0,0035) \cdot s^2 + 0,19s + 0,92) \times (0,85 + \frac{7,06}{v}); \\ R = 0,93, SKO = 28,5\%, \quad (3)$$

где s – стаж работы по данной профессии, ($0,1 < s \leq 30$ лет); v – возраст работника, ($18 \leq v \leq 63$ лет).

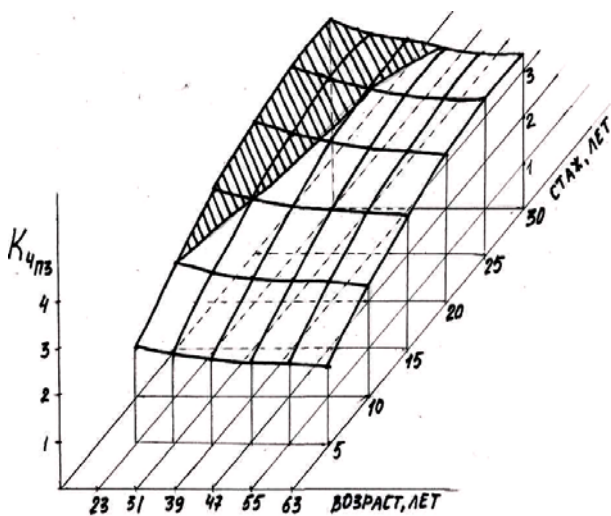


Рис. 2. График зависимости коэффициента частоты производственного травматизма от стажа и возраста работника

Полученные двухфакторные модели имеют достаточно высокий коэффициент корреляции ($R=0,93-9,98$) и небольшое значение СКО=13,91-28,5. В первой и третьей моделях наиболее сильнодействующим фактором является стаж работы, а во второй – возраст человека. Это хорошо видно по графикам на рис. 2-4. На рис. 2 уровень производственного травматизма, в основном, снижается за счет увеличения стажа работы. Здесь увеличение возраста значительных изменений не вызывает. На рис. 3 коэффициент тяжести растет за счет увеличения возрастного фактора. Здесь стаж работы особых изменений не вызывает. На рис. 4 коэффициент частоты профзаболеваний возрастает в основном за счет стажа работы. Здесь изменение возраста не имеет значения.

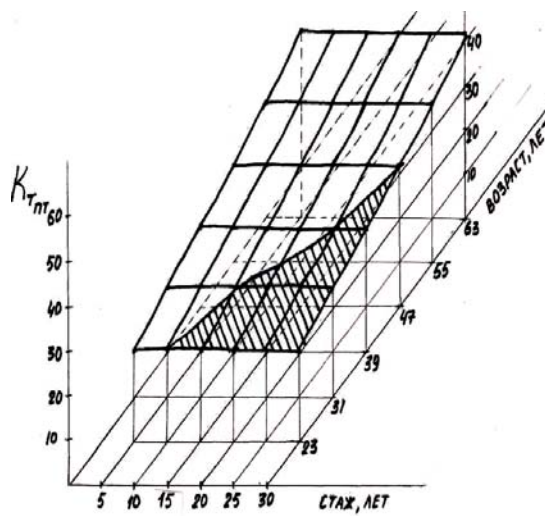


Рис. 3. График зависимости коэффициента тяжести производственного травматизма от стажа и возраста работника

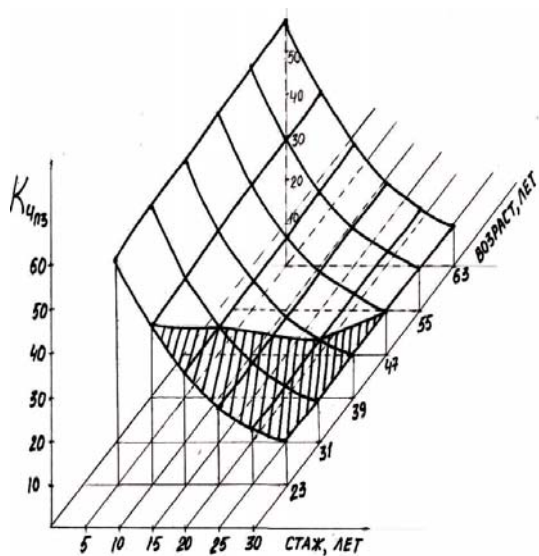


Рис. 4. График зависимости коэффициента частоты профессиональной заболеваемости от стажа и возраста работника

С увеличением возраста и стажа работы, уровень ПТ снижается, т.е. чем больше опыта и навыков работы у человека, тем меньше вероятность получения травмы. С возрастом процесс восстановления организма происходит медленнее и сложнее, поэтому затрачивается больше времени на лечение и укрепление здоровья. То есть при одной и той же травме молодой человек выздоравливает быстрее, чем старый. Поэтому с возрастом тяжесть травм выше. Рост профзаболевания объясняется влиянием на человека ряда неблагоприятных производственных факторов, воздействующих на него на протяжении длительного времени, которое выражается стажем работы по данной профессии.

Для других параметров подсистем получены поправочные коэффициенты, которые рассчитываются как отношение величины функции парных зависимостей к ее величине, полученной для «усредненного» значения фактора (табл. 1)

Таблиця 1

Формулы расчета поправочных коэффициентов

Подсистема	Параметр подсистемы	Формула расчета поправочного коэффициента
подсистема «машина»	I – степень износа оборудования, % $25 \leq I \leq 100$	$k_I = \frac{0,79 \times I - 19,64}{30,36}$
подсистема «среда»	Y_m – класс условий труда, $2,8 \leq y_m \leq 4$	$k_y = \frac{15,14y - 41,45}{3,67}$
подсистема «время»	h – часы смены, ч $0 \leq h \leq 7$	$k_h^{Kc} = \frac{(-0,25)h^2 + 1,5h + 1,81}{4,06}$
	t – время суток, ч $0 \leq t \leq 24$	$k_t = \frac{-0,015t^2 + 0,38t + 3,87}{6,27}$
		$k_t^{Km} = \frac{0,014t^2 - 0,46t + 31,39}{27,69}$
	n – день недели, $n = 1$ – понедельник ... $n = 7$ – воскресенье	$k_n^{Kc} = \frac{-0,16n^2 + 1,12n + 2,07}{4,01}$
		$k_n^{Km} = \frac{0,23n^2 - 0,54n + 26,26}{28,02}$
	g – время года, $g = 1$ – осень $g = 2$ – зима $g = 3$ – весна $g = 4$ – лето	$k_g^{Kc} = \frac{(-0,22)g^2 + 1,22g + 4,28}{5,96}$
$k_g^{Km} = \frac{3,69g^2 - 18,59g + 47,22}{23,81}$		

Анализ поправочного коэффициента для параметров подсистемы «время» позволил установить следующее [3]:

1) для коэффициента частоты производственного травматизма:

– что в середине рабочей смены, в период интенсивной работы уровень травматизма возрастает. К этому времени человек устает и тем самым возрастает вероятность появления ошибки в его действиях. К концу смены травматизм постепенно снижается, т.к. к концу смены рабочие обычно производят завершающий этап работы. После 6 часов с начала работы (после рабочей смены) травматизм еще уменьшается, так как в этот период горняки по окончании работы поднимаются на поверхность, где меньше опасных и вредных производственных факторов;

– уровень несчастных случаев выше в утреннее и дневное время;

– в зависимости от дня недели число травм возрастает к среде и четвергу;

– в весенне-зимний период уровень травматизма выше, чем летом и осенью. Рост числа травм на производстве зимой и весной объясняется тем, что в этот период у человека наблюдаются снижение кровяного давления, уменьшение частоты пульса, снижение со-

судистого тонуса, наличие гиповитаминоза. Все это приводит к ухудшению работоспособности шахтеров, рассеянному вниманию, снижению зрения и реакции на опасные ситуации, что повышает число травм. Летнему и осеннему периоду характерны повышенная работоспособность, повышение общего тонуса организма, улучшение обмена веществ, усиление физиологических процессов, поэтому в этот период число травм снижается.

2) для коэффициента тяжести производственного травматизма:

– в утреннее и дневное время травмы более легкие, а ночью – более тяжелые. В ночное время у человека наблюдаются минимальная физиологическая активность, минимальная скорость ответных реакций и минимальное светоощущение, труд протекает на фоне снижения функционального состояния центральной нервной системы, на фоне сонливости, что снижает защитные функции организма человека. То есть человек становится менее «защищен» от несчастных случаев и аварий, что приводит к более сложной травме;

– в весенне-зимний период тяжесть травм ниже, чем летом и осенью;

– в зависимости от дня недели коэффициент тяжести возрастает от начала к концу недели.

Поправочный коэффициент подсистемы «машина» говорит о том, что с увеличением степени износа горношахтного оборудования возрастает коэффициент частоты производственных травм. Старое оборудование характеризуется изношенными деталями и механизмами, ненадежной работой, постоянными отказами и сбоями. Выход из строя горных машин приводит к внезапным аварийным ситуациям различного рода, в результате чего горняки оказываются в непредвиденной ситуации и получают механические травмы. Кроме того, появляется необходимость в устранении поломки и ремонте машин и механизмов, т.е. горняки производят посторонние действия, не связанные с их прямыми трудовыми обязанностями.

Поправочный коэффициент подсистемы «среда» говорит о том, что увеличение значения класса условий труда приводит к росту частоты профзаболеваний. Неблагоприятный микроклимат, повышенная запыленность, производственный шум и вибрации, воздействуя на организм человека на протяжении длительного времени, способствуют развитию профессиональной заболеваемости у шахтеров.

С учетом полученных выше поправочных коэффициентов и двухфакторных моделей (1)-(3) многофакторные модели зависимости уровня и тяжести несчастных случаев от параметров системы «человек-машина-среда» имеют следующий вид:

$$K_{\text{чп}}(s, v, h, g, t, n, I) = K_{\text{чп}}(s, v) \times k_h^{K_h} \times k_g^{K_g} \times k_t^{K_t} \times k_n^{K_n} \times k_I; \quad (4)$$

$$K_{\text{мп}}(s, v, g, t, n) = K_{\text{мп}}(s, v) \times k_g^{K_m} \times k_t^{K_m} \times k_n^{K_m}; \quad (5)$$

$$K_{\text{чпв}}(s, v, y) = K_{\text{чпв}}(s, v) \times k_y. \quad (6)$$

Многофакторные модели учитывают совокупное влияние всех изучаемых параметров на появление несчастных случаев.

Определение конкретного вида уравнения K_q и K_m позволяет путем математического моделирования определить оптимальные параметры подсистем «человек» (X_q), «машина» (X_M) и «среда» (X_C), при которых достигается уменьшение коэффициентов травматизма, то есть создание таких условий труда, которые отвечают требованиям сохранения жизни и здоровья работников в процессе его трудовой деятельности.

Таким образом, системный анализ причинно-следственных связей производственного травматизма и профессиональной заболеваемости позволил определить комплексное влияние параметров X_q, X_M, X_C на показатели несчастных случаев, т.е. $K_q = f(X_q, X_M, X_C)$ и $K_m = f(X_q, X_M, X_C)$.

Список литературы

1. Рогов Е.И. Системный анализ в горном деле [Текст] / Е.И. Рогов. – Алма-Ата: Наука Казахской ССР, 1976. – 207 с.
2. Саттарова Г.С. Прогноз уровня риска и тяжести несчастных случаев в зависимости от профессиональных навыков работников и их возрастных характеристик [Текст] / Г.С. Саттарова // Современный научный вестник. – Белгород: Изд-во Руснауцкнига. – 2007. – № 9(17). – С. 30-36.
3. Саттарова Г.С. Влияние временных факторов на уровень производственного травматизма на примере предприятий горной промышленности [Текст] / Г.С. Саттарова // Тр. ун-та. – Караганда: Изд-во КарГТУ, 2005. – Вып. 2. – С. 26-28.

Рекомендовано до публікації д.т.н. В.І. Голіньком 27.11.09

УДК 622.45

Коллектив авторів, 2010

М.Ф. Кременчуцький, С.І. Пугач, О.В. Столбченко, О.А. Муха, І.І. Пугач

МЕТОД РОЗРАХУНКУ ПАРАМЕТРІВ ВЕНТИЛЯЦІЙНИХ СИСТЕМ ПРОВІТРЮВАННЯ ТУПИКОВОЇ ВИРОБКИ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ЖОРСТКИХ ТРУБОПРОВОДІВ

Розроблена модель вентиляційної системи тупикової виробки, що враховує аеродинамічні характеристики вентиляторів місцевого провітрювання при одиночній і груповій їх роботі.

Разработана модель вентиляционной системы тупиковой выработки, учитывающая аэродинамические характеристики вентиляторов местного проветривания при одиночной и групповой их работе.

The model of a vent system dead-locked making, taking into account aerodynamic descriptions of ventilators local ventilation during their single and group work, is worked out.