

УДК 331.46

Я. С. Ворошилов¹, д-р техн. наук, зам. директора,
С. П. Ворошилов¹, канд. физ.-мат. наук, директор,
А. С. Ворошилов¹, канд. техн. наук, зам. директора,
Г. Е. Седельников¹, канд. техн. наук, зам. директора,
К. Н. Тодрадзе², д-р техн. наук, зам. генерального директора,
Н. Н. Новиков², д-р техн. наук, проф., генеральный директор, e-mail: nacot-nnn@mail.ru,
А. И. Фомин¹, д-р техн. наук, проф., зам. директора

¹ ООО "Кузбасский межотраслевой центр охраны труда", Кемерово

² Национальная ассоциация центров охраны труда (НАЦОТ), Москва

Количественная модель человеческого фактора

Рассмотрена количественная модель человеческого фактора (DARA model — Difference Actual and Required Abilities), в которой человеческий фактор определяется как разность между фактическими способностями человека выполнять работу и требованиями к способностям работника, которые выдвигает содержание выполняемой работы. Приведены примеры изменения человеческого фактора во времени и пространстве.

Ключевые слова: человеческий фактор, способности, риски, несчастный случай, безопасность труда

Введение

В 1921 г. была выпущена книга, в которой впервые был введен термин "человеческий фактор" и с этого времени английский социолог и промышленник Бенджамин Сибом Раунтри считается автором данного термина и основоположником его введения в научный обиход [1].

Для развития научного подхода к использованию понятия "человеческий фактор" в 1949 г. создается "Общество эргономических исследований", далее в 1957 г. — "Общество исследований в области человеческого фактора" и в 1959 г. — "Международная ассоциация специалистов по эргономике".

Исследования ученых во всем мире установили и постоянно подтверждают важность и актуальность изучения роли влияния человеческого фактора на уровень профессиональных рисков, количество несчастных случаев и профессиональной заболеваемости [2—4]. Прежде всего это связано с тем, что в настоящее время причиной 70...90 % инцидентов, аварий и несчастных случаев является человеческий фактор [3, 5, 6]. Исходя из этого, в дальнейшем при выполнении расчетов будем принимать среднюю оценку влияния человеческого фактора, равную 80 %.

Приведем несколько наиболее распространенных определений человеческого фактора. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) в своем документе [7] приводит следующие определения человеческого фактора.

Человеческий фактор является наукой, изучающей взаимоотношения между работниками и системами, в которых они трудятся. Эта наука нацелена на повышение эффективности, содействия, производительности труда и удовлетворения трудом с минимальными нарушениями.

Человеческий фактор — это сложившаяся комплексная наука, которая использует многие дисциплины (анатомию, психологию, физику и биомеханику) с целью определения, как работник трудится в различных условиях производства.

Человеческий фактор — есть исследование всех показателей, позволяющих легкое и эффективное исполнение работником трудового задания.

Кроме того, решая с научной точки зрения проблему человеческого фактора, ВОЗ считает, что рабочие места должны быть так спроектированы и организованы, чтобы свойственные человеку ошибки и их последствия сводились к минимуму. Если же не представляется возможным устранить человеческие ошибки в процессе

труда, то в этом случае необходимо регулировать и устранять производственные риски.

В связи с глобализацией экономики, увеличением миграционных потоков рабочей силы и постоянным возникновением новых профессий и новых рабочих мест у социальных партнеров в развитых и развивающихся странах возрастают требования к нормам условий труда, правилам охраны труда и здоровья работников. Все большее число работодателей начинает признавать, что нормальные условия труда являются основной составляющей управления современным производством. В методах управления трудовыми ресурсами начинают уделять особое внимание условиям труда, делая упор на выявление, оценку уровня и устранение производственных рисков с учетом человеческого фактора [8].

В ГОСТ 12.0.002—14 [9] дано несколько иное определение человеческого фактора: "Совокупность личностных характеристик и поведения работающего, вызывающая в процессе трудовой деятельности преднамеренные или непреднамеренные, но неверные действия различного характера, в итоге приводящие к опасным происшествиям и ситуациям, инцидентам, авариям, несчастным случаям, производственно-обусловленным и профессиональным заболеваниям".

Существуют и другие определения человеческого фактора [10]: "Человеческий фактор является сложным многогранным вопросом, который влияет на безопасность на море и защиту морской среды. Он включает весь спектр человеческой деятельности, выполняемой экипажами судов, береговым управленческим персоналом, регулирующими органами, признанными организациями, судостроительными верфями, законодателями и другими соответствующими сторонами, которые все вместе должны сотрудничать с целью эффективного рассмотрения проблем, связанных с человеческим фактором".

Как правило, в понятие "человеческий фактор" вкладывают отрицательный смысл, связывая его с ошибками работника, которые приводят к инцидентам, несчастным случаям, авариям и катастрофам.

В целом можно отметить, что единого общепринятого определения человеческого фактора не существует. В зависимости от целей и задач исследований формируются и другие определения человеческого фактора, подчеркивающие специфику этих исследований.

Важность учета человеческого фактора в авиации одним из первых отметил в 1930 г.

Н. М. Добротворский [11], который проводил исследования о приспособлении человека к технике и техники к человеку. Окончательно данный подход был формализован ИКАО (Международная организация гражданской авиации) включением требований в области человеческого фактора в требования к подготовке авиационного персонала, основанные на концептуальной модели SHEL [12].

Модель SHEL, наиболее распространенная по всему миру, созданная Эдварсом в 1972 г., в 1975 г. была дополнена иллюстрирующей ее диаграммой Хаукинса. SHEL — это аббревиатура, составленная из начальных букв английских названий ее составных элементов — "Software" (Процедуры), "Hardware" (Машина-объект), "Environment" (Среда), "Liveware" (Человек-субъект) (рис. 1). Приведем основные элементы модели SHEL с кратким описанием.

Субъект (человек) — объект (машина) (L—H). Данная связь является самым часто рассматриваемым и анализируемым взаимодействием объектов во всех исследованиях, касающихся человеческого фактора.

Субъект (человек) — процедуры (L—S). Эта связь показывает взаимоотношения между документарными системами, обеспечивающими рабочий процесс (инструкции, карты, схемы, контрольные списки, чек-листы), и программным обеспечением.

Субъект (человек) — субъект (человек) (L—L). Этот элемент системы связан с отношениями

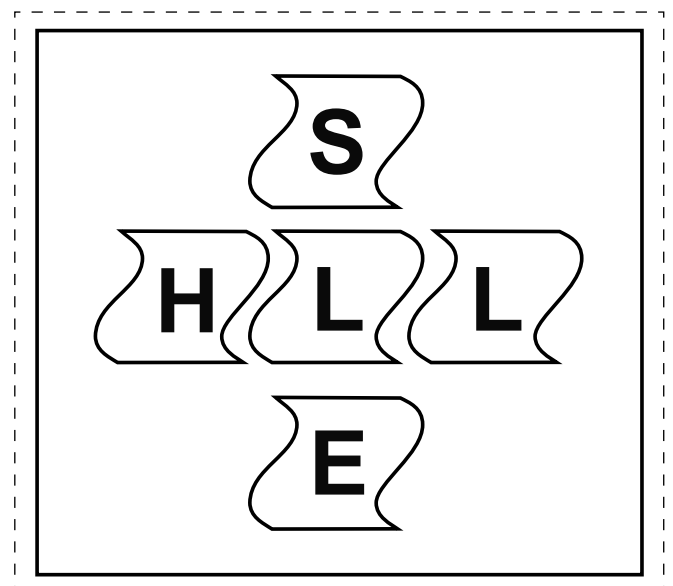


Рис. 1. Диаграмма концептуальной модели человеческого фактора SHEL

между сотрудниками в коллективе и показывает отношение как персональное между человеком и человеком, так и отношения между человеком и группами, существующими внутри рабочего коллектива.

Субъект (человек) — окружающая среда (L—E). Данное взаимодействие показывает влияние на индивидуума внешних факторов, обусловленных погодой, экологией, неблагоприятным воздействием машин и механизмов и т. п.

Обобщая историю развития различных подходов к человеческому фактору, можно отметить, что первая волна интереса к учету человеческого фактора в науке управления была в конце 1940-х — начале 1960-х годов, когда влияние травматизма составляло приблизительно 30...50 % [13].

Далее, в конце XX — начале XXI веков, в результате научно-технической революции, были созданы новые более безопасные технологии, учитывающие особенности взаимодействия человека с производственным оборудованием. Число несчастных случаев резко снизилось, однако травматизм вырос до 70...90 % [6]. В связи с этим можно сделать вывод, что человеческому фактору уделялось недостаточное внимание.

Поэтому в настоящее время существует запрос как бизнес-сообщества, так и государственных и социальных структур на создание эффективных теорий и технологий управления человеческим фактором в тех случаях, когда человека нельзя заменить машиной.

Этому вопросу посвящена данная работа.

Количественная модель человеческого фактора

Основные идеи новой концептуальной модели человеческого фактора изложены в докторской диссертации Я. С. Ворошилова [14], которые развиты и дополнены авторами данной статьи. Для наглядности дальнейших рассуждений приведем схему, представленную на рис. 2.

Допустим, что любой человек обладает неким комплексом способностей, позволяющих ему жить и безопасно выполнять работу. В целях избегания излишнего усложнения концептуальной модели человеческого фактора в комплексе способностей выделены четыре основные составляющие.

1. Интеллектуальные способности — способности практического использования знаний, навыков, опыта и умственных способностей для выполнения работы с минимальным риском вреда для здоровья.

2. Сенсорные способности — способности, позволяющие с помощью органов чувств (зрения,

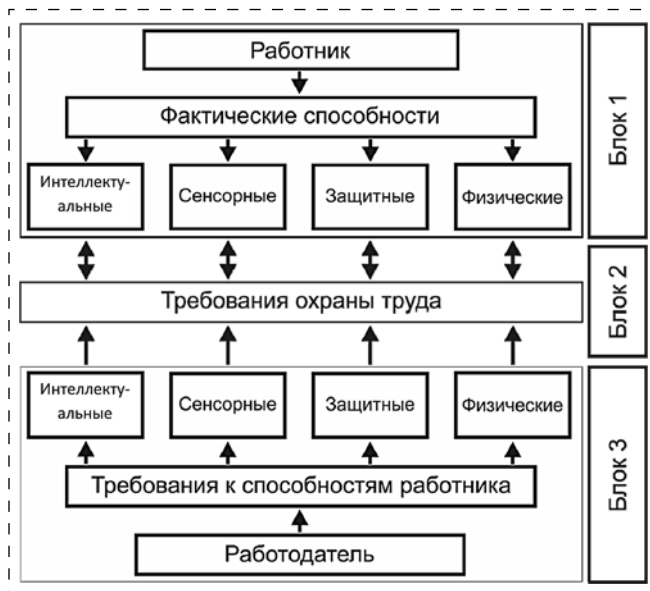


Рис. 2. Схема концептуальной модели человеческого фактора

слуха, обоняния, осязания, ощущения боли) контролировать опасности окружающей среды.

3. Защитные способности — способности, позволяющие переносить определенные нагрузки факторов среды (физические, химические, биологические) и трудового процесса (тяжесть, напряженность) без вреда для здоровья.

4. Физические способности — это набор физических способностей человека (быстрота, сила, выносливость, ловкость, гибкость), необходимых для выполнения заданных действий.

По мнению авторов, для построения модели человеческого фактора предлагаемый набор составляющих комплекса способностей с точки зрения охраны труда является достаточным, но в некоторых случаях этот набор целесообразно расширить или сузить, например, детализируя интеллектуальные способности, разделяя их на умственные и психические. В некоторых случаях можно объединить физические и защитные способности при рассмотрении использования или создания средств индивидуальной защиты.

Из рассмотрения исключены системные свойства человека, приобретаемые им во время работы и общения (моральные принципы, психологические и психофизиологические свойства и т. п.), считая, что все они проявляются через способности человека. Детальное рассмотрение системных свойств человека необходимо при разработке методов формирования требуемых качеств человека, обладающих уникальностью, своеобразием и неповторимостью, но этот вопрос требует отдельного рассмотрения.



В каждый момент времени любой человек обладает неким комплексом способностей, который будем называть фактическим и требуемым.

Фактический комплекс способностей (ФКС) — это продемонстрированная способность безопасно выполнять заданную работу, базирующуюся на основных составляющих: интеллектуальной, сенсорной, защитной, физической (см. рис. 2. Блок 1. Работник).

Работодатель выдвигает свой комплекс требований к способностям наемного работника, которые необходимы для успешного выполнения работы в соответствии с трудовым договором.

Требуемый комплекс способностей (ТКС) — совокупность требований к интеллектуальным, сенсорным, защитным и физическим способностям человека, которые необходимы для выполнения заданной работы (см. рис. 2. Блок 3. Работодатель).

Обычно требования работодателя, формирующего комплекс способностей, и требования работников, имеющих фактический комплекс способностей, не совпадают. В Блоке 2 (см. рис. 2) происходит согласование фактического и требуемого комплексов способностей с учетом требований охраны труда, изложенных в конвенциях и рекомендациях Международной Организации Труда, государственных и локальных нормативных документах по охране труда.

Основная идея предлагаемой концептуальной модели человеческого фактора заключается в сопоставлении фактического и требуемого комплексов способностей, из которого вытекает следующее определение: человеческий фактор (ЧФ) — это изменяющаяся во времени и пространстве разность между фактическим комплексом способностей человека и требуемым комплексом способностей.

Учитывая данное определение модели человеческого фактора, можно присвоить следующее собственное наименование: модель РФТС (Разность между фактическими и требуемыми способностями), на английском языке — DARA model (Difference Actual and Required Abilities).

Это определение человеческого фактора можно представить в виде простого выражения:

$$\text{ЧФ} = \text{ФКС} - \text{ТКС}.$$

Для перехода к численным расчетам человеческого фактора необходимо провести квантификацию — сведение качественных характеристик к количественным значениям. Тогда оценка

человеческого фактора по приведенной выше формуле позволяет получить следующие результаты.

Если $\text{ТКС} > \text{ФКС}$, то ЧФ — отрицательная величина, т. е. человеческий фактор имеет негативный оттенок, попадает в разряд опасных и вредных производственных факторов, а вероятность возникновения несчастного случая превышает требуемый уровень возникновения несчастных случаев.

Если $\text{ТКС} = \text{ФКС}$, то ЧФ — нейтральная величина, т. е. человеческий фактор имеет нейтральный оттенок, а вероятность возникновения несчастных случаев отвечает требуемому уровню.

Если $\text{ТКС} < \text{ФКС}$, то ЧФ — положительная величина, т. е. понятие "человеческий фактор" приобретает положительные характеристики, действия работника, как правило, должны обеспечивать качественное и безопасное выполнение работы, а вероятность возникновения несчастных случаев ниже требуемого уровня возникновения несчастных случаев.

Таким образом, в предлагаемой концептуальной модели человеческого фактора может иметь не только отрицательное значение, как при традиционных взглядах на человеческий фактор, но также носить нейтральный оттенок и приобретать положительные характеристики.

Для демонстрации возможностей, которые заложены в концептуальную модель, рассмотрим несколько примеров: изменения человеческого фактора во времени, изменения человеческого фактора в пространстве.

Изменение человеческого фактора во времени

Рассмотрим пример, демонстрирующий процесс изменения интеллектуальной составляющей человеческого фактора во времени в процессе обучения (рис. 3). При этом будем считать, что исходный комплекс фактических способностей (ИФКС) — это уровень исходных фактических способностей человека до начала выполнения трудовых обязанностей.

Как правило, ИФКС ниже требований, предъявляемых к интеллектуальным способностям работника. При приеме на работу, до начала выполнения своих обязанностей работник проходит обучение по безопасности труда. Во время обучения интеллектуальная составляющая ФКС возрастает и человеческий фактор из отрицательной области переходит в область положительных значений (восходящая часть кривой на рис. 3).

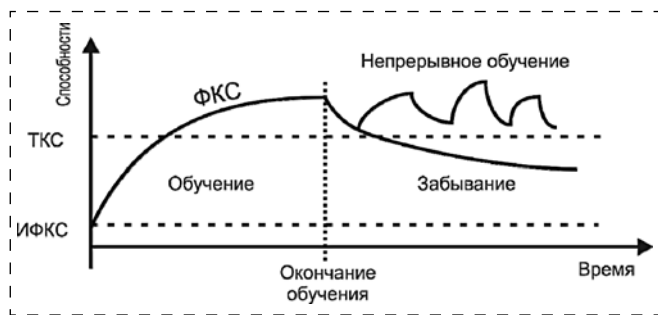


Рис. 3. Изменение интеллектуальной составляющей во времени

После окончания обучения, вследствие забывания изученного материала с течением времени, интеллектуальная составляющая начинает снижаться, что приводит к постепенному возврату человеческого фактора в область отрицательных значений (нисходящая кривая на рис. 3).

Для поддержания интеллектуальной составляющей человеческого фактора работника на уровне, необходимом для безопасного выполнения работ, используются технологии непрерывного обучения (колеблющаяся часть кривой на рис. 3).

Измерение уровня интеллектуальной составляющей можно проводить с помощью тестирования работников по вопросам охраны труда, тогда человеческий фактор может измеряться в процентах правильных ответов, в баллах и т. п.

В России, в рамках программы "Нулевого видения травматизма", которая реализуется Международной организацией труда) и Международной Ассоциацией Социального Обеспечения (МАСО) [15], была создана и внедрена методика непрерывного профессионального обучения работников по безопасности труда по индивидуальным программам с использованием видеоинформационных технологий. Методика однозначно обеспечивает повышение профессиональной компетентности и личной ответственности работников в области безопасности труда, формирует стереотипы безопасного поведения.

Практика использования данной методики на ряде крупных предприятий показала, что за счет внедрения системы непрерывного обучения по вопросам безопасности труда в виде предменного экспресс-обучения работников происходит снижение числа несчастных случаев на производстве в 1,5–3 раза в течение 2–3 лет [16, 17].

Непрерывное обучение применяется не только для поддержания существующих знаний по безопасности труда, но и обеспечивает своевременное получение работниками новых знаний, которые в дальнейшем будут обеспечивать снижение числа несчастных случаев на производстве.

Безальтернативность непрерывного обучения в настоящее время подтверждается тем, что вследствие научно-технической революции существенно сократился срок актуальности знаний, полученных при обучении. Общепринято, что половина знаний, которые приобретали работники при обучении в 1930–1940 гг., были актуальными в течение 30–40 лет, знания, которые приобретали в 1960–1970 гг., были актуальны около 10–15 лет, в настоящее время срок актуальности сократился до нескольких лет.

ЮНЕСКО продвигает по всему миру концепцию непрерывного образования в течение всей жизни, на идеологию которой авторы опирались, создавая методику непрерывного предменного экспресс-обучения работников.

Изменение человеческого фактора в пространстве с учетом условий труда

Рассмотрим, как в России классифицируются условия труда и с использованием этой классификации покажем, как изменяется человеческий фактор в пространстве. Согласно действующему законодательству в России все рабочие места проходят специальную оценку условий труда по определенным правилам [18, 19]. При проведении специальной оценки условий труда измерению подлежат различные вредные и опасные факторы производственной среды: физические, химические и биологические. Кроме того, измерению подлежат вредные и опасные факторы трудового процесса: тяжесть и напряженность.

Во время процедуры специальной оценки условий труда по результатам измерений вредных и опасных факторов рабочим местам присваивается класс условий труда, который отражает воздействие вредных и опасных производственных факторов на человека. Чем класс выше, тем более тяжелые условия труда на рабочем месте. Для более четкого понимания рассмотрим данную классификацию условий труда [19].

Оптимальными условиями труда (1-й класс) являются условия труда, при которых воздействие на работника вредных и (или) опасных производственных факторов отсутствует или уровни воздействия которых не превышают уровни, установленные нормативами (гигиеническими нормативами) условий труда и принятые в качестве безопасных для человека, и создаются предпосылки для поддержания высокого уровня работоспособности работника.

Допустимыми условиями труда (2-й класс) являются условия труда, при которых на работника

воздействуют вредные и (или) опасные производственные факторы, уровни, воздействия которых не превышают уровни, установленные нормативами условий труда, а измененное функциональное состояние организма работника восстанавливается во время регламентированного отдыха или к началу следующего рабочего дня (смены).

Вредными условиями труда (3-й класс) являются условия труда, при которых уровни воздействия вредных и (или) опасных производственных факторов превышают уровни, установленные нормативами (гигиеническими нормативами) условий труда.

Приведенную выше классификацию интенсивности воздействия на человека производственных факторов можно наглядно проиллюстрировать с помощью закона толерантности Шелфорда [20], который формализует один из основополагающих принципов экологии. Согласно этому принципу присутствие или процветание популяции каких-либо организмов в данном местообитании зависит от комплекса экологических факторов, к каждому из которых у организма существует определенный диапазон экологической толерантности (выносливости). Диапазон толерантности по каждому фактору ограничен его минимальным и максимальным значениями, в пределах которых только и может существовать организм.

Как видно из рис. 4, оптимальные и допустимые условия труда (1-й и 2-й классы условий труда) находятся в зоне максимальной экологической толерантности по фактору температуры.

Классы условий труда выше второго — вредные условия труда характеризуются постоянным

отклонением от допустимых уровней температурной нагрузки, работа происходит в зоне угнетения жизнедеятельности — перегрева или переохлаждения организма человека, что, как установлено на практике, зачастую приводит к профессиональным заболеваниям. Работа в опасных условиях труда (класс 4) может привести к гибели даже в течение одной рабочей смены.

В качестве примера, иллюстрирующего изменение человеческого фактора в пространстве, рассмотрим одну смену из жизни работника угольной шахты. Для упрощения рассмотрения из всех вредных факторов, воздействующих на работника, оставим только витающую угольную пыль.

Рассмотрим путь работника (рис. 5) до основного рабочего места, где, по ранее определенным условиям труда, уровень запыленности шахтной атмосферы достигает 40 мг/м^3 , что соответствует классу условий труда 3.3 [19]. Работник обеспечен соответствующими средствами индивидуальной защиты, которые позволяют работать при классе условий труда 3.3 по пылевому фактору.

В начале смены работник находится в офисных и бытовых помещениях, где происходит выдача нарядов, подготовка к выполнению трудовых обязанностей и т. п. В данных помещениях класс условий труда определен как 2-й (ТКС = 2 класс условий труда по фактору концентрации пыли C или ТКС = 10 мг/м^3).

$$\begin{aligned} \text{ЧФ} &= \text{ФКС} - \text{ТКС} = \\ &= 40 \text{ мг/м}^3 - 10 \text{ мг/м}^3 = 30 \text{ мг/м}^3. \end{aligned}$$

Человеческий фактор на данном рабочем месте положительный и равен 30 мг/м^3 .

Далее работник продвигается на свое основное рабочее место по шахтной выработке, где концентрация пыли C может достигать 20 мг/м^3 , что соответствует классу условий труда 3.1, ТКС = 20 мг/м^3 .

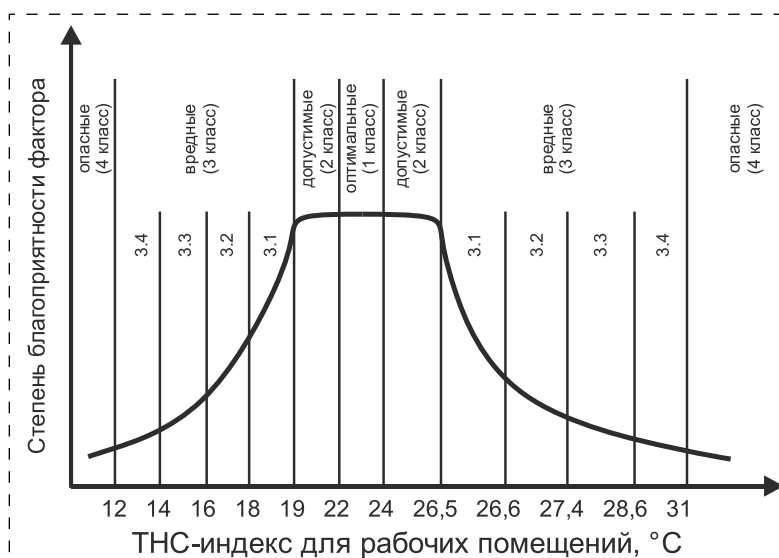


Рис. 4. Графическая иллюстрация связи закона толерантности Шелфорда с классами условий труда по фактору "температура"

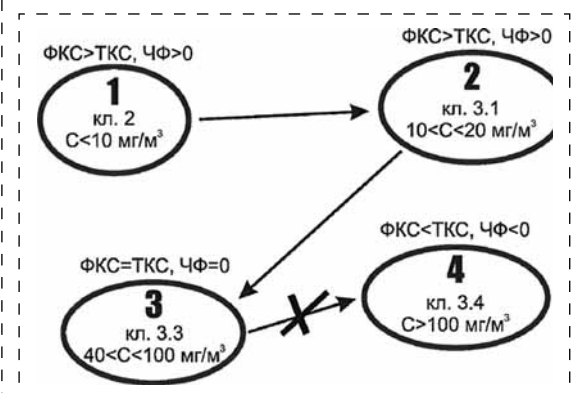


Рис. 5. Изменение человеческого фактора в пространстве

$$\begin{aligned} \text{ЧФ} &= \text{ФКС} - \text{ТКС} = \\ &= 40 \text{ мг/м}^3 - 20 \text{ мг/м}^3 = 20 \text{ мг/м}^3. \end{aligned}$$

Человеческий фактор на данном рабочем месте положительный и равен 20 мг/м³.

Достигнув основного рабочего места, работник начинает выполнять назначенные работы. На основном рабочем месте установлен класс условий труда 3.3, что соответствует концентрации витающей угольной пыли до 40 мг/м³.

$$\begin{aligned} \text{ЧФ} &= \text{ФКС} - \text{ТКС} = \\ &= 40 \text{ мг/м}^3 - 40 \text{ мг/м}^3 = 0 \text{ мг/м}^3. \end{aligned}$$

Человеческий фактор на данном рабочем месте равен нулю, работник может успешно выполнять свои трудовые обязанности.

Недалеко от этого места работает проходческий комбайн, запыленность воздуха соответствует классу условий труда 3.4, концентрация пыли достигает 100 мг/м³.

$$\begin{aligned} \text{ЧФ} &= \text{ФКС} - \text{ТКС} = \\ &= 40 \text{ мг/м}^3 - 100 \text{ мг/м}^3 = -60 \text{ мг/м}^3. \end{aligned}$$

Человеческий фактор на данном рабочем месте отрицательный, требуются дополнительные мероприятия по защите работника от пыли.

Приведенный пример показывает связь количественной модели человеческого фактора с условиями труда. В данном случае он измеряется в единицах концентрации пыли — мг/м³, что выглядит необычно. Именно так медицинские работники, занимающиеся охраной труда, разрабатывая гигиенические критерии, измеряют защитные способности человеческого организма — в килограммах, часах, градусах.

Заключение

Предложена количественная модель человеческого фактора, в которой человеческий фактор определен как изменяющаяся во времени и пространстве разность между фактическим уровнем способностей человека и требуемым уровнем способностей.

Установлено, что если требуемые способности больше фактических, то человеческий фактор — отрицательная величина, и человека можно приравнять к опасному, вредному производственному фактору, что соответствует традиционному негативному взгляду на человеческий фактор.

Если фактические способности выше требуемого уровня способностей, то ЧФ будет

положительной величиной, и понятие "человеческий фактор" приобретает положительные характеристики, что свидетельствует о том, что действия работника, как правило, должны обеспечивать качественное и безопасное выполнение работы.

Модель позволяет использовать различные единицы измерения человеческого фактора, что выглядит необычно. Так, интеллектуальные, сенсорные, защитные и физические способности можно измерять как в классах условий труда, так и в конкретных показателях, характеризующих условия труда. Кроме того, оценку уровня интеллектуальной составляющей можно проводить с помощью тестирования работников по вопросам охраны труда, тогда человеческий фактор может измеряться в процентах правильных ответов, в баллах и т. п.

В работе приведено несколько примеров, демонстрирующих возможности предлагаемой модели при описании развития интеллектуальных способностей, учета условий труда и дополнении действующих систем управления охраной труда с учетом человеческого фактора.

Список литературы

1. Benjamin Seebohm Rowntree. The Human Factor in Business. 1921.
2. Fabianoa B., Pettinatoa M., Reverberib A., Curròa F. Human Factors and Safety Management: a Field Study on Safety Performance in the Process Industry // Chemical Engineering Transactions. 2019. No. 77. P. 283—288.
3. Filho Anastacio. The Impacts of Human Factors in Fatal Workplace Accidents. 2012.
4. Salminen Simo. Human factors related to occupational accidents. Accidents: Causes, Analysis and Prevention. 2009. P. 87—103.
5. Heinrich H. W., Petersen D., Roos N. Industrial accident prevention: A safety management approach (5th ed.). 1980. New York: McGraw-Hill.
6. ILO Encyclopaedia of Occupational Health & Safety. Human Factors in Accident Modelling.
7. Human Factors in Patient Safety. Review of Topics and Tools. Report for Methods and Measures Working Group of WHO Patient Safety / World Health Organization. 2009.
8. ILO Centenary Declaration for the Future of Work. Adopted by the 108th session of the ILO, 2019.
9. ГОСТ 12.0.002—2014. Система стандартов безопасности труда. Термины и определения.
10. Концепция человеческого элемента, принципы и цели Организации — резолюция ИМО А.850(2). Сборник № 8 резолюций ИМО. СПб.: ЗАО ЦНИИМФ, 1998. 419 с.
11. Добротворский Н. М. Летный труд. М., 1930.
12. ICAO Doc 9806. Основные принципы учета человеческого фактора в руководстве по проведению проверок безопасности полетов. Монреаль: ИКАО, 2010. 341 с.
13. Либрман А. Н. Техногенная безопасность: человеческий фактор. Санкт-Петербург: Новый век, 2006. С. 103.



14. **Ворошилов Я. С.** Научное обоснование и разработка технических решений для контроля пылевой обстановки горных выработок угольных шахт с учетом человеческого фактора: Дис. докт. техн. наук. Кемерово: ВостНИИ, 2020. 308 с.
15. **Guinand Cedric.** The creation of the ISSA and the ILO // *International Social Security Review*, 2008.
16. **Иванов Ю. М.** Краткий анализ производственного травматизма с учетом человеческого фактора на производственных единицах АО "СУЭК-Кузбасс" // *Безопасность труда в промышленности*. 2017. № 2. С. 79—83.
17. **Лисовский В. В., Иванов Ю. М., Ворошилов А. С., Седельников Г. Е., Ли Х. У.** Практическое использование методики количественной оценки рисков травматизма "Вероятность-Вред-Риск" (ВВР) на примере АО "СУЭК-Кузбасс" // *Уголь*. 2018. № 12. С. 41—46.
18. **Федеральный закон** № 426-ФЗ от 28 декабря 2013 г. "О специальной оценке условий труда".
19. **Р 2.2.2006-05.** 2.2. Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда.

Y. S. Voroshilov¹, Deputy Director, e-mail: yaroslav.voroshilov@gmail.com,
S. P. Voroshilov¹, Director, **A. S. Voroshilov¹**, Deputy Director,
G. E. Sedelnikov¹, Deputy Director, **K. N. Todoradze²**, Deputy General Director,
N. N. Novikov², General Director, **A. I. Fomin¹**, Deputy Director
¹ "Kuzbass-COT", Kemerovo
² National Center for Occupational Safety, Moscow

The Quantitative Human Factors Model

A new quantitative model of the human factor (DARA model — Difference Actual and Required Abilities) is proposed, in which the human factor is defined as the difference between the actual abilities of a person to perform work and the requirements for the employee's abilities set by the scope of work performed. Examples of changes in the human factor across time and space have been given.

Keywords: human factor, abilities, risks, accident, occupational safety

References

1. **Benjamin Seebohm Rowntree.** The Human Factor in Business. 1921.
2. **Fabianoa B., Pettinato M., Reverberib A., Currò F.** Human Factors and Safety Management: a Field Study on Safety Performance in the Process Industry. *Chemical Engineering Transactions*. 2019. No. 77. P. 283—288.
3. **Filho Anastacio.** The Impacts of Human Factors in Fatal Workplace Accidents. 2012.
4. **Salminen Simo.** Human factors related to occupational accidents. Accidents: Causes, Analysis and Prevention. 2009. P. 87—103.
5. **Heinrich H. W., Petersen D., Roos N.** Industrial accident prevention: A safety management approach (5th ed.). 1980. New York: McGraw-Hill.
6. **ILO Encyclopaedia** of Occupational Health & Safety. Human Factors in Accident Modelling.
7. **Human Factors** in Patient Safety. Review of Topics and Tools. Report for Methods and Measures Working Group of WHO Patient Safety. World Health Organization. 2009.
8. **ILO Centenary Declaration** for the Future of Work. Adopted by the 108th session of the ILO, 2019.
9. **GOST 12.0.002—2014.** Sistema standartov bezopasnosti truda. Terminy i opredeleniya.
10. **Koncepciya** chelovecheskogo elementa, principy i celi Organizacii — rezolyuciya IMO A.850(2). *Sbornik No. 8 rezolyucij IMO*. Saint-Petersburg: ZAO CNIIMF, 1998. 419 p.
11. **Dobrotvorskiy N. M.** Lyotnyj trud. Moscow, 1930.
12. **ICAO Doc 9806.** Osnovnye principy ucheta chelovecheskogo faktora v rukovodstve po provedeniyu proverok bezopasnosti poletov. Montreal: ICAO, 2010. 341 p.
13. **Liberman A. N.** Tekhnogennaya bezopasnost': chelovecheskiy faktor. Saint-Petersburg: Novyj vek, 2006. P. 103.
14. **Voroshilov Ya. S.** Nauchnoe obosnovanie i razrabotka tekhnicheskikh reshenij dlya kontrolya pylevoy obstanovki gornyh vyrabotok ugol'nyh shaht s uchedom chelovecheskogo faktora: Dis. dokt. tekhn. nauk. Кемерово: VostNII, 2020. 308 p.
15. **Guinand Cedric.** The creation of the ISSA and the ILO. *International Social Security Review*. 2008.
16. **Ivanov Yu. M.** Kratkij analiz proizvodstvennogo travmatizma s uchedom chelovecheskogo faktora na proizvodstvennyh edinicah AO "SUEK-Kuzbass". *Bezopasnost' truda v promyshlennosti*. 2017. No. 2. P. 79—83.
17. **Lisovskij V. V., Ivanov Yu. M., Voroshilov A. S., Sedel'nikov G. E., Li H. U.** Prakticheskoe ispol'zovanie metodiki kolichestvennoj ocenki riskov travmatizma "Veroyatnost'-Vred-Risk" (VVR) na primere AO "SUEK-Kuzbass". *Ugol'*. 2018. No. 12. P. 41—46.
18. **Federal'nyj zakon** No. 426-FZ ot 28 dekabrja 2013 g. "O special'noj ocenke uslovij truda".
19. **P 2.2.2006-05.** 2.2. Gigena truda. Rukovodstvo po gigenicheskoj ocenke, faktorov rabochej sredy i trudovogo processa. Kriterii i klassifikaciya uslovij truda.