

УДК 669.02/.09.004.15:612.8

*к.т.н. Вишневский Д. А.  
(ДонГТУ, г. Алчевск, ЛНР)*

## ВЛИЯНИЕ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ФАКТОРА НА НАДЁЖНОСТЬ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО И МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

*Проведён анализ вероятности отказа человека как одного из элементов технической системы в металлургической и машиностроительной отраслях.*

*Анализ указывает на необходимость изменения подхода к расчёту показателей надёжности оборудования в металлургической и машиностроительной отраслях, а именно учитывать коэффициент значимости человеческого фактора.*

**Ключевые слова:** надёжность оборудования, технический регламент, человеческий фактор, отказ оборудования, надёжность человеческого фактора.

**Проблема и её связь с научными и практическими задачами.** Одним из важнейших элементов в машиностроительном и металлургическом производстве является надёжность оборудования, которая по ГОСТ 27.002–89 называется «свойством объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, ремонтов, хранения» [1].

Надёжность механического оборудования основывается на положениях классической теории надёжности, исследованиями которой занимались Я. Б. Шор, А. М. Половко, Т. А. Голинкевич; они описали основные понятия и математический аппарат. Терминология в области надёжности и требования по надёжности установлены стандартами ГОСТ 27.002–89, ГОСТ 27.003–90 [2]. Основные положения вероятностно-статистической теории надёжности приведены в монографии Б. В. Гнеденко и др.

В. М. Гребеник, А. В. Гордиенко, В. К. Цапко, В. Я. Седуш предлагают методы формирования и принципы сбора, цифрового кодирования и анализа отказов. Разрабатываются классификаторы машин, узлов, деталей, видов и причин отказов.

**Анализ состояния вопроса.** Возникновение отказов оборудования происходит по следующим причинам:

- конструктивные дефекты;
- технологические дефекты;
- эксплуатационные дефекты;
- постепенное старение (износ);
- влияние человеческого фактора (в том числе нарушение правил безопасности).

Все эти виды отказов снижают ресурс работы оборудования, что влечёт за собой финансовые затраты на обслуживание, эксплуатацию, выход годной продукции, увеличивая её себестоимость. Если некоторых отказов на данный момент избежать достаточно сложно, то возможно снизить риск их появления за счёт снижения «человеческих отказов», представляющих собой совокупность эмоциональных, психофизиологических, интеллектуальных, физиологических, мотивационных и многих других качеств личности, которые обеспечивают безошибочное, своевременное и адекватное восприятие ситуации при выполнении предписанных функций работы человека с технической системой в процессе выполнения трудовых обязанностей.

**Постановка задачи.** Необходимо выполнить анализ причин аварий и выхода из строя оборудования в металлургическом и машиностроительном производстве с учётом человеческого фактора.

**Материалы и результаты исследования.** В связи с несоответствием профессиональной пригодности обслуживающий персонал часто совершает ошибочные

действия, что приводит к авариям или аварийным ситуациям, что влечёт за собой финансовые издержки, касающиеся самого предприятия и государства в целом.

Международная организация труда насчитывает убытки в 200 млрд долларов по причине «человеческого отказа» ежегодно. В связи с вышесказанным качественный состав кадров предприятия должен стоять наряду с технической модернизацией производства.

Анализ причин аварий, выхода из строя оборудования и производственного травматизма на производстве показал, что в подавляющем большинстве нештатные ситуации происходят не из-за технических неисправностей, а из-за неудовлетворительной организации производства работ. Для управления данным процессом необходимо учитывать: причины ошибок персонала; способы влияния на аварийные ситуации [1].

Известно, что труд оперативного персонала металлургических предприятий весьма тяжёлый, имеет связь с угрозой для жизни, также сопровождается как физическим, так и психологическим перенапряжением, переутомлением, стрессами. Всё это связано с условиями труда, рабочим местом, видом деятельности. К причинам проявления профессионального стресса относят: необходимость высокой концентрации внимания для выполнения технического процесса, высокую ответственность за принимаемое решение и действие [3].

#### ***Человеческий фактор как источник повышенной опасности***

В 1930 г. советский ученый Н. М. Добротворский впервые попытался раскрыть понятие «человеческий фактор», термин которого был сформулирован позже «human factors engineering» (буквально — техника человеческих факторов), используемого в США для проектирования систем «человек – машина».

В 1957 году в США образовалось Общество человеческих факторов, а через год вышел журнал «Человеческие факторы».

В ряде европейских стран и в Российской Федерации был принят термин «эргономика», включающий в себя сферу профессиональной деятельности, которую в США называют «человеческие факторы».

В современном мире термин «человеческий фактор» используется в разных научных сферах: при исследовании рисков в экономике, при конструировании машин и оборудования, при проектировании рабочих мест и т. д.

При проектировании, эксплуатации и техническом обслуживании машин и агрегатов одним из важных элементов для повышения производительности и качества выпускаемой продукции служит человеческий фактор.

В своей работе «Безопасность машин и человеческий фактор» [4] Б. С. Доброборский даёт определение: «под термином „человеческий фактор“ понимаются осознанные или случайные ошибочные решения или действия человека, вызванные особенностями его биологической природы и условиями его взаимодействия с внешней средой».

Вероятность отказа человека как одного из элементов технической системы достаточно высока, и это связано с тем, что организм человека, который принимает участие в решении поставленных задач в разнообразных областях профессиональной деятельности, обладает рядом специфических свойств, как полезных, так и вредных [5].

Генотипическая и фенотипическая адаптация, концентрация, обучаемость, изобретательность и т. д. — это полезные свойства.

Совершение случайных ошибок, быстрое наступление усталости, случайная потеря информации, заведомо неправильное принятие решения и т. д. — это относится к вредным свойствам.

Из-за перечисленных вредных свойств организма человека и происходят аварии на производстве, техногенные катастрофы, несчастные случаи, хотя на предприятиях имеются нормативные документы, инструкции и т. д.

В качестве примера, по данным информационного агентства «REGNUM», на 10.02.2009 года на шахтах Донбасса за неделю инспекторы Территориального управления Госгорпромнадзора выявили 7447 нарушений актов об охране труда, а в Российской Федерации, по данным ГИБДД, ежегодно погибает более 26 тысяч человек в связи с нарушениями правил дорожного движения.

В таблице представлены данные Института машиноведения им. А. А. Благонравова РАН о значимости человеческого фактора в техногенных катастрофах.

Таблица  
Коэффициент  $k_N$  значимости человеческого фактора [4]

№	Области техносферы	$k_N$
1	Атомная энергетика	0,55
2	Промышленное и гражданское строительство	0,70
3	Ракетно-космическая техника	0,35
4	Военная авиация	0,85
5	Гражданская авиация	0,65
6	Трубопроводный транспорт	0,30
7	Автомобильный транспорт	0,80
8	Технологическое оборудование	0,40

Из таблицы видно, что коэффициент значимости человеческого фактора  $k_N$  для важных отраслей промышленности имеет достаточно большие значения. Для автомобильного транспорта составляет 0,8 и занимает второе место после военной авиации, а для технологического оборудования — 0,4.

Для снижения значимости человеческого фактора, что за собой уменьшит вероятность возникновения аварий, катастроф и несчастных случаев, действует перечень нормативных документов, которые регламентируют условия труда, параметры машин и оборудования, предельно допустимые значения воздействия вредных веществ и т. д. Для разных стран перечень этих документов различен.

В Российской Федерации для обеспечения безопасных условий труда используют пять групп нормативных документов:

- гигиенические нормативные документы;
- систему стандартов безопасности труда;
- систему эргономических стандартов;
- технические регламенты;
- отраслевые и производственные инструкции по технике безопасности.

### *Гигиеническое нормирование*

На конференции в Берлине в 1980 году пятнадцать государств приняли первые международные нормы по гигиене труда. После чего стали создавать центры, которые вплотную занимались гигиеной труда.

Технический прорыв в сфере радиоэлектроники во второй половине двадцатого века и появление приборов технического и медицинского назначения дали толчок к развитию гигиенических норм. Данные приборы позволили проводить замеры как характеристик технологического оборудования, так и реакции организма при изменении параметров и режимов работы машин.

Тогда встал вопрос о количественной оценке этих реакций (тяжесть и напряжённость, энергозатраты человека), составляли таблицы, переводили в различные балльные системы.

Одними из первых, кто занимался количественной оценкой при воздействии нагрузок на организм человека, были немецкий учёный Г. Леман и Э. Ацлер. Они создали институт физиологии труда в Берлине. В своей работе «Практическая физиология труда» Г. Леман представил систему баллов, которая позволяет количественно оценить воздействие на организм тех или иных видов нагрузок.

В данное время регламентированы факторы, которые вредно воздействуют на человека, благодаря многолетнему опыту.

К ним относятся: «физические факторы — температура, влажность, скорость движения воздуха, тепловое излучение; неионизирующие электромагнитные поля (ЭМП) и излучения — электростатическое

поле; постоянное магнитное поле (в т. ч. гипогеомагнитное); электрические и магнитные поля промышленной частоты (50 Гц); широкополосные ЭМП, создаваемые ПЭВМ; электромагнитные излучения радиочастотного диапазона; широкополосные электромагнитные импульсы; электромагнитные излучения оптического диапазона (в т. ч. лазерное и ультрафиолетовое); ионизирующие излучения; производственный шум, ультразвук, инфразвук; вибрация (локальная, общая); аэрозоли (пыли)» [4].

### ***Причины, приводящие к снижению трудоспособности рабочего персонала***

При необходимости изменения требований к персоналу, к интенсивности труда либо переоборудования производственных участков переподготовка обслуживающего персонала, изменения организационного характера приводят к организационному стрессу.

Провоцировать стресс могут эволюционные изменения. Ещё один из факторов — это неопределённость в ближайшем будущем, неуверенность рабочих в себе и в своих действиях.

К причинам субъективного характера относятся страхи, такие как: возможность совершения ошибки, потеря работы или вероятность не справиться с поставленной задачей. Вероятность совершения ошибочных действий персонала по причине «человеческого отказа» возрастает в ситуациях, несущих неопределённый характер (реструктуризация компании, политические изменения в стране и т. д.), в этот период возрастают психические нагрузки, конкуренция за рабочие места и т. д. Также большое влияние оказывает психологический климат в семье, так называемый непроизводственный стресс.

Факторов, влияющих на возникновение стресса, огромное количество, напряжение от их накопления даёт вероятность профессионального выгорания или хронической усталости, которая включает психологические, социальные, физиологические составляющие.

Симптомы накопившегося стресса:

- игнорирование правил техники безопасности;
- ухудшение качества производственных работ;
- раздражительность, нервозность, агрессивность;
- беспокойство, суетливость, повышенная тревожность;
- высокая конфликтность;
- неудовлетворённость работой;
- потеря концентрации внимания и рост числа ошибок;
- поиск оправданий вместо решения поставленных задач;
- общая негативная установка на жизненные перспективы;
- вредные привычки и злоупотребление ими.

В современном мире усложняется управление технологическими процессами, что влечёт за собой нагрузку на человека в виде новых правил, норм, требований и т. д. [3]. Технический прогресс за последние 40 лет шагнул значительно вперёд в машиностроительной и металлургической отраслях, а возможности человека-оператора отстают, что представлено на рисунке 1.

### ***Психофизиологические факторы риска возникновения прецедентов аварии***

Одной из сложных операций, с которыми сталкивается оператор, является перевод сигнала и адаптация его в реальный технологический процесс с принятием решения об изменении режимов работы оборудования.

Как оценить соблюдение норм безопасной эксплуатации обслуживаемого оборудования — это остаётся одним из важных вопросов.

Есть ряд качеств, которыми должен обладать сотрудник для выполнения своих профессиональных обязанностей:

- концентрация и быстрота переключения внимания;
- логическое мышление;
- скорость реакции;
- кратковременная память;
- особенности характера личности.

На рисунке 2 приведены факторы, которые входят в группу риска возникновения чрезвычайных ситуаций.

Невозможно составить перечень типичных ошибок, совершаемых человеком при

выполнении одной и той же работы. Это связано с функцией его психофизиологического состояния, а периодичность «человеческих отказов» связана с интенсивностью нагрузок и состоянием внешней среды.

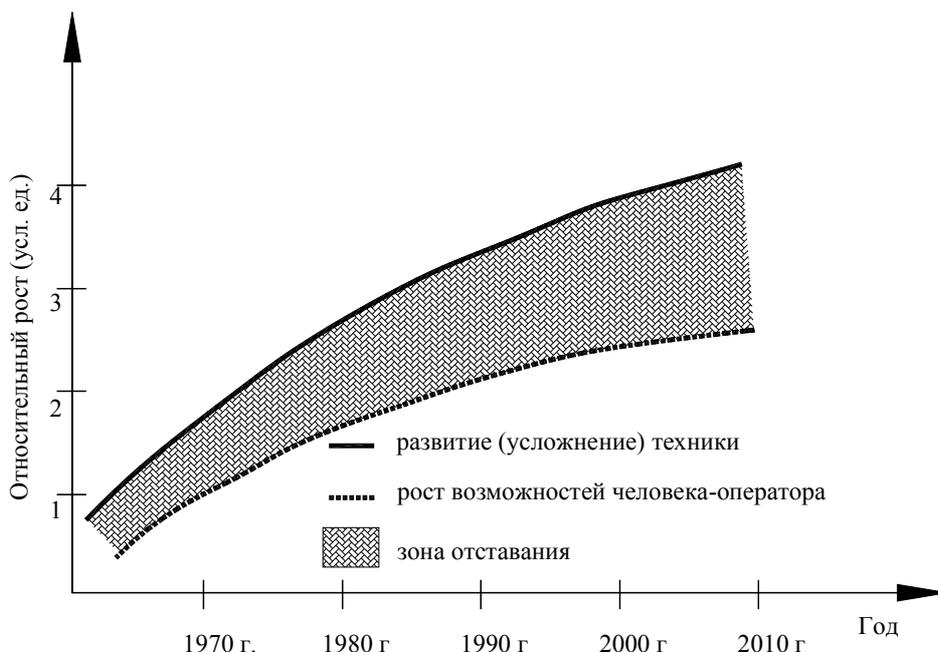


Рисунок 1 Схематическое изображение соотношения развития (усложнения) техники и роста возможностей человека-оператора

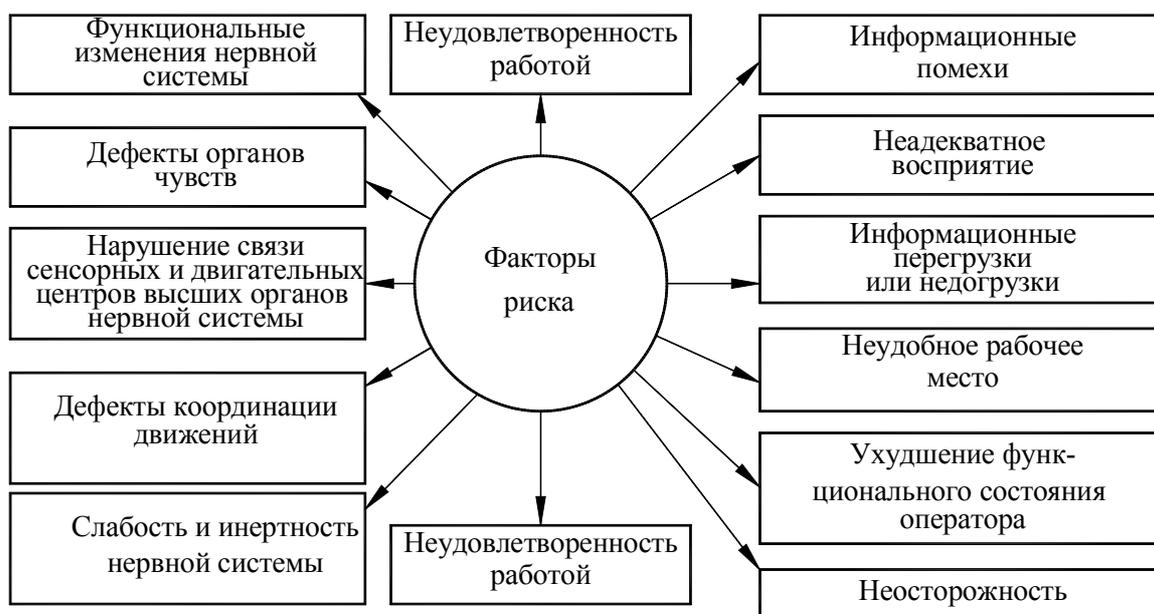


Рисунок 2 Факторы риска, способствующие возникновению чрезвычайной ситуации

**Выводы.** Вероятность отказа человека как одного из элементов технической системы достаточно высока (коэффициент значимости человеческого фактора  $k_N = 0,8 \div 0,3$ ). Это связано с тем, что организм человека, который принимает участие в решении поставленных задач в разнообразных областях профессиональной деятельности, обладает рядом специфических свойств, как полезных, так и вредных. Совершение случайных ошибок, быстрое наступление усталости, случайная потеря информации, заведомо неправильное принятие решения и т. д. Техногенные катастрофы, аварии, несчастные случаи происхо-

дят на производстве из-за перечисленных вредных свойств организма человека при наличии на предприятиях нормативных документов, инструкций и т. д.

Преднамеренное или непреднамеренное совершение ошибочных действий персонала стремительно растёт в ситуациях, несущих неопределённый характер (реструктуризация, политические изменения в стране и т. д.), в такой период возрастают психические нагрузки. Также психологический климат в семье оказывает большое влияние на показатели «надёжности человека-оператора» (непроизводственный стресс).

### Библиографический список

1. Вишневецкий, Д. А. Расчёт надёжности металлургического оборудования и производственного риска [Текст] / Д. А. Вишневецкий // Сборник научных трудов ДонГТУ. — Алчевск : ГОУ ВПО ЛНР «ДонГТУ», 2017. — Вып. 7 (50). — С. 139–146.
2. ГОСТ 27.003–90. Надёжность в технике. Состав и общие правила задания требований по надёжности. Термины и определения [Текст]. — Введ. 01.10.90. — М. : Госстандарт СССР, 1991. — 18 с.
3. Либерман, А. Н. Техногенная безопасность : человеческий фактор [Текст] / А. Н. Либерман. — СПб : ВИС, 2006. — 103 с.
4. Доброборский, Б. С. Безопасность машин и человеческий фактор [Текст] : монография / Б. С. Доброборский ; под ред. д.т.н., проф. С. А. Волкова ; СПбГАСУ. — СПб, 2011. — 111 с.
5. A fuzzy approach to the evaluation of human factors in ultrasonic nondestructive examinations / Jesús Domech Moré, Ari Sauer Guimarães, Geraldo Bonorino Haxéo, Ricardo Tanscheit // Journal of Industrial Engineering International. — 2007. — P. 5.

© Вишневецкий Д. А.

*Рекомендована к печати д.т.н., проф. каф. ММК ДонГТУ Харламовым Ю. А., д.т.н., проф., зав. каф. ТМиИК ЛНУ им. В. Даля Витренко В. А.*

Статья поступила в редакцию 11.10.19.

**к.т.н. Вишневецкий Д. О.** (ДонГТУ, м. Алчевськ, ЛНР)

### ВПЛИВ ЛЮДСЬКОГО ФАКТОРА НА НАДІЙНІСТЬ МЕТАЛУРГІЙНОГО І МАШИНОБУДІВНОГО ОБЛАДНАННЯ

Проведено аналіз ймовірності відмови людини як одного з елементів технічної системи в металургійній і машинобудівній галузях.

Аналіз вказує на необхідність зміни підходу до розрахунку показників надійності обладнання у металургійній і машинобудівній галузях, а саме враховувати коефіцієнт значущості людського фактора.

**Ключові слова:** надійність обладнання, технічний регламент, людський фактор, відмова обладнання, надійність людського фактора.

**PhD in Engineering Vishnevskiy D. A. (DonSTU, Alchevsk, LPR)**

**INFLUENCE OF HUMAN FACTOR ON RELIABILITY OF THE METALLURGICAL AND MECHANICAL-ENGINEERING EQUIPMENT**

*There has been carried out the analysis of probability of human failure as one of a technical system component in metallurgical and machine-engineering branches.*

*The analysis points to the need to change the approach to the calculation of equipment reliability indicators in the metallurgical and machine-engineering industries, that is, to take into account the coefficient of importance of the human factor.*

**Key words:** *equipment reliability, technical regulations, human factor, equipment failure, human factor reliability.*