

УДК 331.441; 681.5

*Козельский И.К.,  
студент 2 курс, Институт мелиорации, водного хозяйства и  
строительства имени А.Н. Костякова*

*Россия, г. Москва*

*Курбонов С.Б.,  
студент 2 курс, Институт мелиорации, водного хозяйства и  
строительства имени А.Н. Костякова*

*Россия, г. Москва*

*Гвоздь В.К.,  
Аспирант 3 курс, Институт мелиорации, водного хозяйства и  
строительства имени А.Н. Костякова*

*Россия, г. Москва*

*Научный руководитель: Абдулмажидов Х.А.,  
к.т.н., доцент  
кафедры сельскохозяйственного строительства  
Российский государственный аграрный университет*

*МСХА имени К.А. Тимирязева*

*Россия, г. Москва*

## **ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ ФАКТОР КАК ЭЛЕМЕНТ СИСТЕМЫ: МЕТОДЫ ИНЖЕНЕРНОЙ ПСИХОЛОГИИ И ЭРГНОМИКИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ НАДЁЖНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

*Аннотация: В статье рассматривается проблема влияния человеческого фактора на надёжность сложных технических систем. Несмотря на высокую степень автоматизации, человек остаётся ключевым звеном в управлении и принятии решений, а его ошибки могут иметь масштабные последствия. Цель работы — систематизировать подходы к*

минимизации данного риска через призму инженерной психологии и эргономики. Анализируется методология HRA (Human Reliability Analysis) для прогнозирования и оценки ошибок с учётом контекстуальных факторов (PSF), а также принципы проектирования, ориентированного на человека: error-proofing, управление когнитивной нагрузкой и эргономичный дизайн. На примере таких сфер, как мелиорация и эксплуатация строительной техники, показан комплексный характер подхода, объединяющего эффективную подготовку операторов на тренажёрах с проектированием техники, обладающей предсказуемым поведением. Делается вывод, что надёжность достигается не требованием безошибочности от человека, а синхронным совершенствованием интерфейсов, процедур, среды и обучения, что превращает человеческий фактор из источника риска в управляемый параметр системы. Перспективой развития является углубление интеграции через адаптивные интерфейсы и цифровые двойники.

**Ключевые слова:** человеческий фактор, надёжность системы, инженерная психология, эргономика, HRA (Human Reliability Analysis), error-proofing, дизайн интерфейсов, когнитивная нагрузка.

**Annotation:** The article discusses the problem of the influence of the human factor on the reliability of complex technical systems. Despite the high degree of automation, humans remain a key element in management and decision-making, and their mistakes can have widespread consequences. The aim of the work is to systematize approaches to minimizing this risk through the prism of engineering psychology and ergonomics. The HRA (Human Reliability Analysis) methodology for predicting and evaluating errors based on contextual factors (PSF) is analyzed, as well as the principles of human-centered design: error-proofing, cognitive load management and ergonomic design. Using the example of areas such as land reclamation and the operation of construction equipment, the complex nature of the approach is shown, combining proactive training of operators on simulators with the design of equipment with predictable behavior. It is concluded that

*reliability is achieved not by requiring human error, but by synchronously improving interfaces, procedures, environments, and training, which transforms the human factor from a source of risk into a manageable parameter of the system. The development perspective is to deepen integration through adaptive interfaces and digital twins.*

**Key words:** *human factor, system reliability, engineering psychology, ergonomics, HRA (Human Reliability Analysis), error-proofing, interface design, and cognitive load.*

Безопасность технических систем волнует множество людей. В настоящее время природа и масштабы некоторых потенциально опасных технологий, особенно атомных электростанций, означают, что человеческие ошибки могут оказывать неблагоприятное воздействие на целые континенты в течение нескольких поколений[1]. Правильный подход — это рассмотрение аварии как результат сложного взаимодействия, а не простых причинно-следственных связей с помощью классификации барьерных функций и систем, перспективы понимания аварий, понимания специфической модели аварий, предотвращение с помощью комбинации мониторинга производительности и барьерных функций, а не путём устранения или изоляции их причин[2].

Целью данного исследования является анализ методологического аппарата, позволяющего интегрировать человеческий фактор в расчёты надёжности и проектировать системы с высокой устойчивостью к ошибкам оператора.

1. Человеческий фактор в системах надёжности: от источника риска к объекту проектирования. Человек в системе выполняет функции контроля, принятия решений и вмешательства в нештатных ситуациях. Его «ненадёжность» обусловлена психофизиологическими ограничениями: объёмом рабочей памяти, избирательностью внимания, подверженностью

усталости и стрессу, склонностью к формированию ментальных моделей, которые могут не соответствовать реальному состоянию системы. Задача инженерной психологии – сделать эти ограничения ключевыми входными параметрами на этапе проектирования. И это возможно - ненадежность человеческого фактора является управляемым источником риска. Его можно и необходимо анализировать, моделировать и количественно учитывать наряду с техническими отказами для получения реалистичной оценки безопасности сложных систем[2].

2. Методы анализа и оценки: HRA (Human Reliability Analysis). HRA представляет собой семейство методов для прогнозирования, оценки и снижения вероятности ошибок оператора. Ключевые этапы HRA включают[3]:

1. Идентификацию задач: Декомпозиция деятельности оператора на отдельные действия и решения.

2. Выявление возможных ошибок (HRA): Определение, где и как оператор может ошибиться (пропуск действия, ошибочное действие, несвоевременное действие и т.д.).

3. Оценку вероятности ошибки (HEP – Human Error Probability): Использование стандартизированных баз данных (например, метода THERP) или экспертных оценок для квантификации риска.

4. Анализ факторов формирования ошибки (PSF – Performance Shaping Factors): Учёт влияния контекста – стресса, сложности интерфейса, качества процедур, освещённости, шума и т.д.

5. Разработку мер по снижению риска: Рекомендации по перепроектированию интерфейса, изменению процедур или обучению.

Также, для того чтобы снизить риски ошибок необходимо реализовывать федеральные программы по подготовке и привлечения квалифицированных специалистов в области мелиорации и механизации гидромелиоративных и строительных работ, и также других сфер [4] при

этом используя современные методы обучения: Использование компьютерных тренажёров, виртуальных симуляторов и цифровых двойников для отработки навыков обслуживания и ремонта техники. Это практический инструмент инженерной психологии для формирования правильных ментальных моделей и снижения ошибок[5].

Техника, на которой работает человек должна быть надёжна в своих технических компонентах системы[6], то есть проектирование строительных машин должно учитывать не только прочность, но и работу оператора. Грамотный статический расчёт обеспечивает предсказуемость машины, что снижает нагрузку на оператора, облегчает оценку устойчивости и повышает надёжность всей системы «человек-машина» [7].

### **Заключение.**

Обеспечение надёжности сложных технических систем требует перехода от рассмотрения человека как источника риска к его системной интеграции как ключевого проектного элемента. Для этого человеческий фактор, со всеми его психофизиологическими ограничениями, необходимо управлять наравне с техническими параметрами.

Ключевым инструментом служит методология инженерной психологии и эргономики. Анализ человеческой надёжности (HRA) позволяет прогнозировать и снижать вероятность ошибок через оценку контекстуальных факторов (PSF). Принципы проектирования, ориентированного на человека (управление когнитивной нагрузкой), материализуют эти знания, создавая среду, устойчивую к ошибкам.

На примере мелиорации и строительства виден комплексный характер подхода: он сочетает подготовку персонала на тренажёрах с проектированием техники, чьё предсказуемое поведение снижает когнитивную нагрузку оператора. Надёжность достигается только синхронным совершенствованием обоих компонентов системы «человек-машина».

Перспективой является углубление интеграции через адаптивные интерфейсы и «цифровые двойники» когнитивных процессов, что позволит окончательно перейти от парадигмы «поиска виноватого» к «проектированию надёжности».

#### **Использованные источники:**

1. Reason, J. (1990). \*Human Error\*. Cambridge University Press.
2. Hollnagel, E. (2004). \*Barriers and Accident Prevention\*. Ashgate.
3. Wickens, C.D., Hollands, J.G., Banbury, S., & Parasuraman, R. // *Engineering Psychology & Human Performance\**. Psychology Press. -2015
4. Д. М. Бенин, Х. А. Абдулмажидов Подготовка специалистов-мелиораторов в РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева // *Мелиорация и водное хозяйство*. – 2022. – № 5. – С. 4-6. – DOI 10.32962/0235-2524-2022-5-4-6. – EDN DCPZWI.
5. А. С. Матвеев, Х. А. Абдулмажидов, Н. Б. Орлов Повышение уровня профессиональной подготовки технического персонала при обслуживании автотракторной техники // *Инновации в природообустройстве и защите в чрезвычайных ситуациях: Материалы X Международной научно-практической конференции*, Саратов, 16–17 мая 2023 года. – Саратов: Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, 2023. – С. 435-441. – EDN ZEGIVH.
6. Б. Н. Орлов, М. А. Карапетян, Х. А. Абдулмажидов Исследования износа рабочих элементов машин и технологического оборудования// *Тракторы и сельхозмашины*. – 2014. – № 2. – С. 36-38. – EDN RVWETV.
7. В. И. Балабанов, А. Ли, Н. Б. Мартынова [и др.] Теория и методика расчёта параметров строительных и мелиоративных машин: Учебное пособие– Ташкент : Бухарский институт управления природными ресурсами Национального исследовательского университета "Ташкентский институт

инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства", 2021. – 171 с. –  
EDN JOSLWV