5.3.3 Психология труда, инженерная психология, когнитивная эргономика (психологические науки)

Научная статья

УДК 159.923.2

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВНИМАНИЯ В СИСТЕМАХ С ВЫСОКОЙ СТЕПЕНЬЮ АВТОМАТИЗАЦИИ

Гусейнов Александр Шамильевич, доктор психологических наук, доцент, профессор кафедры психологии личности и общей психологии, Кубанский государственный университет, Россия, Краснодар, guseinov_ash@mail.ru;

Посохова Анастасия Владиславовна, доктор психологических наук, доцент, профессор кафедры педагогики и психологии, МИРЭА – Российский технологический университет, Россия, Москва, anastasia.posokhova@mail.ru

Аннотация. Современная архитектура автоматизированных систем управления трансформирует профессиональную деятельность оператора в сторону эпизодического мониторинга и реагирования на отклонения от штатных режимов. Существующие подходы к проектированию человеко-машинных интерфейсов недостаточно учитывают динамику когнитивной нагрузки при периодическом вмешательстве автоматики, что обусловливает снижение ситуационной осведомленности и повышение вероятности ошибок при вынужденном восстановлении ручного управления. В работе представлено экспериментальное исследование механизмов распределения внимания при различной частоте передачи управления между алгоритмическими модулями и оператором. Методологическая основа включает имитационное моделирование профессиональных сценариев, аппаратную регистрацию латентных периодов реакции, классификацию ошибок, связанных с некритичным доверием к автоматике (комплакентностью) и затруднением восстановления контекста управления, а также апробацию структурированных протоколов поддержания когнитивной готовности. Установлена устойчивая обратная зависимость между

надежностью автоматических компонентов и скоростью восстановления ручного контроля; выявлено изменение порога обнаружения критических параметров при длительном фоновом наблюдении. Внедрение разработанных тренировочных алгоритмов обеспечило статистически значимое сокращение времени реакции и снижение частоты комплакентных нарушений. Научно-практическая значимость исследования заключается в обосновании адаптивных принципов проектирования информационных сред, согласованных с ограничениями человеческой переработки информации, и разработке нормативных рекомендаций по организации профессиональной подготовки операторов высокотехнологичных комплексов. Предложенный подход расширяет методологическую базу инженерной психологии и когнитивной эргономики в части оптимизации регуляторных механизмов внимания и повышения функциональной надежности человеко-машинных контуров.

Ключевые слова: распределение внимания; ситуационная осведомленность; переключение контроля; инженерная психология; когнитивная эргономика; латентный период реакции; комплакентность.

Original article

DISTRIBUTION OF ATTENTION IN SYSTEMS WITH A HIGH DEGREE OF AUTOMATION

Guseinov Aleksandr Shamilyevich, Doctor of Psychology, Associate Professor, Professor of the Department of Personality Psychology and General Psychology, Kuban State University, Krasnodar, Russia, guseinov_ash@mail.ru;

Posokhova Anastasia Vladislavovna, Doctor of Psychological Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Pedagogy and Psychology, MIREA – Russian Technological University, Moscow, Russia, anastasia.posokhova@mail.ru

Abstract. The modern architecture of automated control systems is transforming operator performance toward episodic monitoring and response to deviations from

standard modes. Existing approaches to the design of human-machine interfaces insufficiently account for the dynamics of cognitive load during periodic automation interventions, leading to reduced situational awareness and an increased likelihood of errors during forced restoration of manual control. This paper presents an experimental study of attention distribution mechanisms under conditions of variable frequency of control transfers between algorithmic modules and a specialist. The methodological framework includes simulation modeling of professional scenarios, hardware recording of reaction latencies, classification of compliance and system alienation errors, and testing of structured protocols for maintaining cognitive readiness. A stable inverse relationship was established between the reliability of automated components and the speed of manual control restoration, and a specific shift in the perception threshold for critical parameters was identified during long-term background monitoring. The implementation of the developed training algorithms ensured a statistically significant reduction in reaction time and a decrease in the frequency of compliance violations. The scientific and practical significance of this study lies in substantiating adaptive principles for designing information environments consistent with the limitations of human information processing and developing regulatory recommendations for organizing the professional training of operators of high-tech systems. The proposed approach expands the methodological framework of engineering psychology and cognitive ergonomics in terms of optimizing attentional regulatory mechanisms and increasing the functional reliability of human-machine circuits.

Keywords: attention distribution; situational awareness; control switching; engineering psychology; cognitive ergonomics; reaction latency; compliance.

Введение. Высокая степень автоматизации изменяет не только распределение трудовых функций, но и требования к готовности оператора. При стабильной работе технического комплекса человек может длительное время не выполнять непосредственных управляющих действий, оставаясь формально

ответственным за вмешательство при отклонении. Возникает специфическое противоречие: чем реже требуется ручное управление, тем меньше у оператора необходимости постоянно поддерживать полное представление о состоянии системы, однако именно в редкой нештатной ситуации от него требуется быстрое и точное возвращение к активному контролю.

В настоящем исследовании это противоречие рассматривается через готовность к возврату в контур управления. Она включает своевременное обнаружение сигнала о необходимости вмешательства, восстановление актуального представления о состоянии объекта и переход к корректирующему действию. Поэтому латентный период реакции характеризует не только скорость простого сенсомоторного ответа, но и временные затраты на повторное включение оператора в задачу управления.

Современные исследования автоматизированного управления показывают, что длительность предшествующего автоматического режима может ухудшать показатели возврата к ручному контролю, тогда как повторные эпизоды облегчают последующее возвращение человека в цикл управления [13]. Исследования автоматизированного вождения также выявляют более раннее снижение бдительности при пассивном автоматизированном мониторинге по сравнению с ручным режимом [15].

Теоретическое осмысление указанных процессов опирается на представления о внимании как ограниченном когнитивном ресурсе, распределяемом в соответствии с приоритетами задачи и индивидуальными особенностями переработки стимулов [4]. В рамках психологии труда внимание анализируется как компонент регуляторной системы, обеспечивающей устойчивость деятельности в условиях переменной нагрузки. Инженерная психология дополняет этот подход, акцентируя внимание на проектировании человеко-машинных контуров. Когнитивная эргономика, в свою очередь, рассматривает соответствие информационных моделей систем представлениям оператора как условие снижения затрат на интерпретацию сигналов и

вероятности ошибочных реакций. Эмпирические исследования в данной области сочетают методы регистрации физиологических показателей, анализ траекторий визуального поиска и экспериментальное моделирование сценариев с варьируемой степенью вмешательства автоматики [5].

Методически важно различать три взаимосвязанных, но не тождественных состояния: снижение бдительности при продолжительном наблюдении, недостаточную ситуационную осведомлённость и некритичное доверие к автоматизированной системе. Первое относится к способности обнаруживать редкий значимый сигнал, второе - к полноте представления о текущем и вероятном будущем состоянии объекта, третье - к особенностям контроля над работой автоматики.

Их смешение затрудняет интерпретацию ошибок. Оператор может своевременно заметить сигнал, но недостаточно понимать причины изменения режима; может обладать правильным представлением о системе, но запоздать с реакцией; наконец, он может снизить интенсивность проверки из-за устойчиво успешной работы алгоритма. Поэтому исследование распределения внимания в условиях высокой автоматизации требует отдельного анализа времени возврата, качества ситуационного представления и характера ошибочного действия.

Обзор литературы. Современная автоматизация переводит человека из режима непосредственного исполнения в режим надзора. Такое изменение способно уменьшать текущую нагрузку, однако создаёт трудности при необходимости внезапного вмешательства. В литературе данный класс проблем описывается через снижение бдительности и комплакентность. Последняя особенно важна для настоящего исследования, поскольку обозначает ситуацию, в которой человек остаётся формальным участником управления, но недостаточно включён в текущую динамику автоматизированного процесса для быстрого восстановления эффективного контроля [11, 16].

Комплакентность к автоматике целесообразно понимать более узко - как снижение интенсивности контроля и проверки системы на фоне

сформировавшегося ожидания её надёжной работы. Следовательно, высокая надёжность сама по себе не является отрицательным фактором. Риск возникает, если успешность автоматизации приводит к такому способу мониторинга, при котором редкий сбой обнаруживается поздно либо оператор не располагает достаточным контекстом для проверки автоматического решения.

Ситуационная осведомлённость также не сводится к количеству увиденных индикаторов. Современные систематические обзоры рассматривают её как результат взаимодействия человека, технической системы и характеристик задачи [17]. Метаобзор 2026 г. дополнительно показывает, что методы её измерения существенно различаются по психометрической обоснованности; наибольшая доказательная база накоплена для методов с контрольными вопросами, тогда как физиологические показатели имеют преимущественно дополнительное значение [18].

Для поддержания человека в контуре значение имеет и прозрачность автоматики - доступность информации о том, что система делает, почему она выполняет определённое действие и какого результата ожидает. Современные экспериментальные данные показывают, что повышение прозрачности способно улучшать ситуационную осведомлённость, однако чрезмерный объём объясняющей информации может увеличивать время её понимания [12]. Поэтому задача интерфейса состоит в обеспечении достаточного контекста для контроля и последующего возврата к действию.

Для систематизации существующих подходов целесообразно рассмотреть основные направления изучения механизмов переключения контроля. В таблице 1 представлены психологические компоненты готовности оператора к возврату в ручной контур управления.

Таблица 1 - Психологические компоненты готовности оператора к возврату в ручной контур управления

Компонент	Операциональное содержание	Риск при высокой автоматизации	Проектное следствие
Бдительность	Сохранение способности обнаруживать редкие критические сигналы	Снижение вероятности своевременного обнаружения события при длительном фоновом мониторинге	Поддержание различимости критических сигналов и контроль длительности пассивного наблюдения
Ситуационная осведомлённость	Представление о текущем состоянии, значении параметров и вероятной динамике объекта	Необходимость восстанавливать контекст уже после требования вмешательства	Сохранение информации о состоянии и последних действиях автоматики
Контроль автоматики	Проверка корректности автоматических действий	Некритичная опора на стабильно работающий алгоритм	Отображение статуса, ограничений и степени уверенности системы
Возврат к управлению	Переход от мониторинга к непосредственному действию	Увеличение латентности и ошибки после продолжительного неучастия	Тренировка переходных сценариев и понятная процедура передачи управления
Перестройка внимания	Перенос приоритета с фонового контроля на критическую задачу	Потеря времени на восстановление актуальной цели и необходимых данных	Выделение информации, необходимой именно для ближайшего ручного действия

Источник: составлено авторами на основе [9], [10].

Предложенное разделение позволяет рассматривать возврат к управлению как последовательное восстановление участия человека в деятельности. Поэтому одинаковое время реакции может иметь различное психологическое содержание: в одном случае задерживается обнаружение сигнала, в другом сигнал замечен своевременно, но требуется дополнительное время для понимания состояния системы.

Организация и методология исследования. Эмпирическая часть работы строилась на экспериментальном моделировании профессиональной деятельности операторов в условиях варьируемой степени автономности технических модулей. В исследовании приняли участие 60 специалистов,

осуществляющих контроль за автоматизированными производственными линиями, со стажем работы 2-8 лет. Критериями отбора были отсутствие выраженных неврологических нарушений и сохранность базовых когнитивных функций, подтвержденная результатами скрининговых тестов. Экспериментальный комплекс включал имитационный стенд, воспроизводящий архитектуру современной системы управления с тремя режимами: непрерывным алгоритмическим контролем с редкими вмешательствами оператора; сбалансированным режимом с периодической передачей задач оператору; режимом с высокой частотой ручных операций при частичной поддержке автоматики. Независимыми факторами являлись частота передачи управления между автоматизированным модулем и оператором и надёжность автоматики. Были предусмотрены три режима частоты переключений: низкий, средний и высокий. Надёжность автоматических компонентов задавалась как доля успешно выполненных фоновых задач и варьировалась от 65 до 90 %.

Основным поведенческим показателем служил латентный период от предъявления сигнала о необходимости вмешательства до начала ручного действия. Дополнительно регистрировались ошибки и характеристики зрительного поиска. Ситуационная осведомлённость оценивалась по восприятию параметров системы, пониманию текущей конфигурации и прогнозированию дальнейшего состояния.

Последний показатель интерпретировался как самостоятельная характеристика и не выводился непосредственно из времени реакции или физиологической регистрации. Современный анализ методов измерения ситуационной осведомлённости показывает, что поведенческие, субъективные и физиологические методы имеют различные преимущества и не должны автоматически подменять друг друга [18].

Вариабельность сердечного ритма использовалась как дополнительный индикатор изменения функционального состояния. Она не рассматривалась как прямое измерение ситуационной осведомлённости или конкретного механизма

внимания.

Концептуальная схема экспериментального дизайна отражена на рисунке 1, где последовательность этапов обозначает активное моделирование сценариев переключения контроля и последующую оценку эффективности тренировочных вмешательств.

Рисунок 1 - Структура экспериментального дизайна (источник: разработано авторами)

Методологическая строгость достигалась за счет рандомизации последовательности сценариев, контроля внешних помех и верификации данных посредством перекрестных проверок с использованием независимых регистраторов физиологических реакций.

Результаты исследования и их обсуждение. Анализ полученных данных подтвердил устойчивую зависимость между частотой переключения контроля и латентными периодами реакции при восстановлении ручного управления. В

условиях длительной работы автоматики с высокой надежностью время от момента подачи сигнала до начала активной реакции оператора увеличивалось в среднем на 23% по сравнению с базовыми показателями. При снижении надежности алгоритмических компонентов до 65 % латентный период уменьшался на 15 %, что свидетельствует о мобилизации когнитивных ресурсов в ответ на возрастание вероятности нештатных ситуаций. В таблице 2 представлены усредненные значения латентных периодов реакции в зависимости от частоты переключения контроля и уровня надежности автоматики.

Таблица 2 - Латентные периоды реакции при восстановлении ручного управления, мс

Частота переключения контроля	Надёжность автоматики 90%	Надёжность автоматики 75%	Надёжность автоматики 65%
Низкая	1840	1520	1290
Средняя	1450	1180	980
Высокая	1120	890	760

Источник: разработано авторами.

Полученные результаты показывают согласованное изменение латентности в двух направлениях. При каждом из трёх уровней надёжности более частая передача управления сопровождалась меньшим временем до начала ручного действия. Одновременно внутри каждого режима переключений наиболее длительная латентность фиксировалась при надёжности автоматики 90 %, а наиболее короткая при 65 %.

Эту закономерность следует характеризовать как различия латентности между экспериментальными условиями, поскольку коэффициент корреляции для данной зависимости в результатах не представлен.

Максимальное значение, 1840 мс, зарегистрировано при сочетании высокой надёжности автоматики и низкой частоты возвращения управления человеку. Минимальное, 760 мс, при надёжности 65 % и высокой частоте ручных включений. Такая конфигурация результатов соответствует предположению, что готовность к ручному управлению поддерживается не только ожиданием

возможного отказа, но и регулярностью непосредственного участия в деятельности.

Сходная закономерность обнаруживается и в современных исследованиях других автоматизированных систем. Продолжительные периоды автоматического управления способны ухудшать показатели последующего ручного управления, тогда как повторяющиеся эпизоды возврата способствуют более быстрому включению человека в управление [13]. В исследовании надёжной и ненадёжной автоматики 2025 г. также показано, что способ распределения внимания и эффективность ручного режима зависят от автоматизации и когнитивной организации многозадачной деятельности [14].

Анализ ошибок обнаружил два различных профиля нарушения деятельности. При редкой передаче управления и высокой надёжности автоматики 27 % от общего числа зарегистрированных нарушений были классифицированы как комплакентные. Они проявлялись в недостаточной проверке текущих параметров и запаздывающем обнаружении значимого отклонения.

При высокой частоте переключений 18 % нарушений имели другой характер: оператор начинал ручное действие, но допускал ошибки при восстановлении актуального контекста и прогнозировании дальнейшего состояния системы. Для этого результата целесообразно использовать описательное обозначение «ошибки восстановления контекста управления».

Таким образом, крайние режимы создают разные требования. Редкое включение человека повышает риск недостаточного мониторинга, тогда как чрезмерно частые переключения могут создавать дополнительные затраты из-за необходимости постоянно перестраивать способ выполнения задачи. Оптимизация системы поэтому не должна сводиться к механическому максимальному увеличению частоты передачи управления.

После четырёхнедельного тренировочного цикла, включавшего периодическую верификацию состояния системы, предъявление редких

нештатных сценариев и визуализацию скрытых этапов автоматизированной обработки, латентные периоды реакции в условиях редкой передачи управления уменьшились на 19 %. Доля нарушений, классифицированных как комплакентные, составила 12 %.

Полученный сдвиг показывает, что после программы участники быстрее возвращались к ручному действию и реже демонстрировали описанный тип недостаточного контроля. Однако в представленном дизайне не выделена самостоятельная контрольная группа, проходившая повторное тестирование без тренировочного воздействия. Поэтому результат следует интерпретировать как изменение после тренировочного цикла, не исключая возможного вклада повторного выполнения экспериментальных сценариев.

Принцип периодической тренировки навыка возвращения к управлению также подтверждается современными исследованиями. Повторные запросы способны сокращать последующую задержку возврата к ручной деятельности [13], а исследования бдительности показывают, что пассивный автоматизированный мониторинг может приводить к более раннему снижению устойчивого внимания, чем непосредственное управление [15, 19].

Для проектирования высокоавтоматизированных рабочих мест из полученных результатов следуют два взаимодополняющих требования. Первое относится к сохранению доступного контекста: оператор должен видеть не только итоговое состояние системы, но и существенные автоматические действия, которые предшествовали запросу ручного вмешательства. Второе касается поддержания навыка возврата посредством периодических тренировочных сценариев, не превращающих нормальную работу в непрерывную череду искусственных переключений.

Перспективным решением является регулируемая прозрачность автоматизации. Современные исследования показывают, что информация о решениях автоматизированной системы и основаниях этих решений способна улучшать ситуационную осведомлённость [12]. Обзоры 2025 г. поэтому

смещают акцент от постоянной максимальной прозрачности к адаптивной: уровень поясняющей информации должен соответствовать задаче и текущей необходимости пользователя [16].

Следовательно, интерфейс при возврате управления должен прежде всего отвечать на три практических вопроса оператора: что изменилось; что успела сделать автоматика; какое состояние требует ручного действия сейчас. Это непосредственно поддерживает восстановление ситуационной модели и не требует постоянного отображения избыточной технической информации.

Выводы. Экспериментальные результаты показывают, что готовность оператора к возврату в ручной контур связана одновременно с надёжностью автоматики и частотой непосредственного участия человека в управлении. Наиболее продолжительная латентность в 1840 мс зарегистрирована при сочетании 90 %-ной надёжности и низкой частоты передачи управления; наиболее короткая 760 мс при надёжности 65 % и высокой частоте переключений.

Данная закономерность описывает различия между исследованными экспериментальными режимами и не должна обозначаться как доказанная корреляционная зависимость без соответствующего коэффициента. Содержательно результаты показывают, что стабильная работа автоматики не гарантирует сохранения высокой готовности человека к редкому вмешательству.

Анализ ошибок выявил различные уязвимости режимов взаимодействия. При редких включениях и высокой надёжности 27 % зарегистрированных нарушений относились к комплакентному типу и были связаны с недостаточной проверкой состояния системы. При высокой частоте переключений 18 % нарушений характеризовались затруднениями при восстановлении и использовании актуального контекста управления. Это означает, что снижение риска не достигается простым максимальным увеличением количества передач управления.

Четырёхнедельный тренировочный цикл сопровождался сокращением

латентности реакции на 19 % и уменьшением доли комплакентных нарушений до 12 %. Поскольку отдельная нетренировавшаяся контрольная группа для этого этапа в описанном дизайне отсутствует, результат следует интерпретировать как положительное изменение после программы, требующее дальнейшего контролируемого подтверждения.

С психологической точки зрения ключевой задачей проектирования становится поддержание готовности оператора к повторному включению в деятельность. Она предполагает сохранение бдительности, достаточной ситуационной осведомлённости и возможности быстро восстановить связь между текущими параметрами объекта и действиями, ранее выполненными автоматикой. Современные обзоры ситуационной осведомлённости также подтверждают необходимость рассматривать её как результат взаимодействия человека, машины и контекста задачи [17, 18].

Практическими средствами поддержания такой готовности являются тренировка редких переходных режимов и содержательная прозрачность автоматических процессов. При этом прозрачность должна быть дозированной: экспериментальные и обзорные исследования показывают возможность улучшения ситуационной осведомлённости при отображении оснований и планируемых действий автоматики, но одновременно предупреждают о дополнительных временных затратах при избыточной детализации [11, 12, 16].

Ограничением настоящей работы является использование имитационного комплекса и отсутствие отдельной контрольной группы для оценки четырёхнедельного тренировочного воздействия. Кроме того, ситуационная осведомлённость оценивалась по восприятию, пониманию и прогнозированию состояния системы, однако конкретные психометрические характеристики применённого инструмента не приведены В дальнейшем целесообразно сопоставить тренировочную и контрольную группы и использовать стандартизированную процедуру измерения ситуационной осведомлённости с подтверждёнными показателями валидности.

Таким образом, высокая степень автоматизации требует проектирования условий, при которых оператор способен быстро восстановить управление после периода ограниченного участия. Именно сохранение этой способности выступает одним из критериев надёжности всего человеко-машинного контура.

Список литературы

1. Василенко Л. А., Степнова Л. А., Литаш-Сорокина Е. А. Личностно-профессиональная эффективность сотрудников в зрелой цифровой организации // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Социология. – 2025. – Т. 25. – №. 3. – С. 681-700.
2. Коваленок Т. П. Современное состояние исследований профессиональных и личностных качеств инженеров // Научно-педагогическое обозрение. Pedagogical Review. – 2022. – №. 1 (41). – С. 181-191.
3. Есмурзаева Ж. Б., Куламихина И. В., Чурилова И. Н., Жбиковская О. А. Ценностные кластеры будущих инженеров: анализ ценностных ориентаций и профессиональных приоритетов // Педагогическое образование в России. – 2025. – №. 2. – С. 184-197.
4. Мерзлякова Д. Р., Мирошниченко А. А. Роль педагогической техники инженера в профилактических мероприятиях по охране труда: формирование навыков саморегуляции // Engineering Education. – 2025. – №. 38. – С. 84-92.
5. Ивашова В. А., Свистунова И. Г., Базаров Р. А. Управление практической подготовкой инженеров в университете: социологический анализ // Московский экономический журнал. – 2023. – №. 12. – С. 496-506.
6. Даниленко П. Н., Орехов А. В., Романов Р. С. Пространственное мышление совершенствование подготовки военных инженеров // Вестник военного образования. – 2022. – №. 5 (38). – С. 45-48.
7. Шейнбаум В. С., Никольский В. С. Инженерная деятельность и инженерное мышление в контексте экспансии искусственного интеллекта // Высшее образование в России. – 2024. – Т. 33. – №. 6. – С. 9-27.
8. Пугачев И. Ю. Скрининговое исследование физического состояния и

квантовых мультиэлементов двигательной моторики инженерного человеческого капитала // Человеческий капитал. – 2024. – Т. 10. – №. 190. – С. 203.

9. Чернякевич Е. Ю. Исследование особенностей приверженности организации и профессии у будущих инженеров // Перспективы науки и образования. – 2022. – №. 1 (55). – С. 508-522.

10. Гасайниева У. Б. Социокультурные паттерны цифровой компетентности: как медицинские инженеры воспринимают искусственный интеллект? // Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. – 2025. – №. 7. – С. 28-31.

11. van de Merwe K., Mallam S., Nazir S. Agent Transparency, Situation Awareness, Mental Workload, and Operator Performance: A Systematic Literature Review // Human Factors. – 2024. – Vol. 66. – No. 1. – P. 180–208. – DOI 10.1177/00187208221077804.

12. van de Merwe K., Mallam S., Nazir S., Engelhardtsen Ø. The Influence of Agent Transparency and Complexity on Situation Awareness, Mental Workload, and Task Performance // Journal of Cognitive Engineering and Decision Making. – 2024. – Vol. 18. – No. 2. – P. 156–184. – DOI 10.1177/15553434241240553.

13. Riahi Samani A., Mishra S. How long the effect of take-over conditions lasts? A survival analysis of commercial motor vehicle drivers' reaction time and driving behavior in Level 4 automated vehicles // Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour. – 2024. – Vol. 107. – P. 149–166. – DOI 10.1016/j.trf.2024.08.033.

14. Stasch S.-M., Mack W. When automation fails – Investigating cognitive stability and flexibility in a multitasking scenario // Applied Ergonomics. – 2025. – Vol. 125. – Article 104461. – DOI 10.1016/j.apergo.2024.104461.

15. Lin C., Zhang F., Zhang Y., Zhang T. Vigilance decrement in automated vs. manual driving: Insights from multimodal data // Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour. – 2025. – Vol. 112. – P. 207–220. – DOI

10.1016/j.trf.2025.03.022.

16. Saghafian M., Vatn D. M. K., Moltubakk S. T., Bertheussen L. E., Petermann F. M., Johnsen S. O., Alsos O. A. Understanding automation transparency and its adaptive design implications in safety-critical systems // Safety Science. – 2025. – Vol. 184. – Article 106730. – DOI 10.1016/j.ssci.2024.106730.

17. Fang R., Zhou Q., Zhou C., Yuan S., Wang K., Li Q., Zhang Y., Li J. A Systematic Review of Empirical Studies on Situation Awareness: Perspectives From the Interaction Among Humans, Machines, and the Task Environment // PsyCh Journal. – 2025. – Vol. 14. – No. 5. – P. 718–733. – DOI 10.1002/pchj.70027.

18. Moens L. L., Lydon S., Cucurachi S., O'Connor P., Sauter T. C., Töndury G.-A., Manser T. Measuring Situation Awareness: A Meta-Review Across Domains // Human Factors. – 2026. – Vol. 68. – No. 5. – P. 632–672. – DOI 10.1177/00187208251412110.

19. Hancock P. A. Human vigilance in the age of intelligent machines: Challenges and prospects // Ergonomics. – 2026. – Advance online publication. – DOI 10.1080/00140139.2025.2609813.

References

1. Vasilenko L. A., Stepnova L. A., Litash-Sorokina E. A. Lichnostno-professional'naya effektivnost' sotrudnikov v zreloi tsifrovoi organizatsii // Vestnik Rossiiskogo universiteta druzhby narodov. Seriya: Sotsiologiya. – 2025. – T. 25. – №. 3. – S. 681-700.

2. Kovalenok T. P. Sovremennoe sostoyanie issledovanii professional'nykh i lichnostnykh kachestv inzhenerov // Nauchno-pedagogicheskoe obozrenie. Pedagogical Review. – 2022. – №. 1 (41). – S. 181-191.

3. Esmurzaeva Zh. B., Kulamikhina I. V., Churilova I. N., Zhbikovskaya O. A. Tsennostnye klastery budushchikh inzhenerov: analiz tsennostnykh orientatsii i professional'nykh prioritetov // Pedagogicheskoe obrazovanie v Rossii. – 2025. – №. 2. – S. 184-197.

4. Merzlyakova D. R., Miroshnichenko A. A. Rol' pedagogicheskoi tekhniki inzhenera v profilakticheskikh meropriyatiyakh po okhrane truda: formirovanie

navykov samoregulyatsii // Engineering Education. – 2025. – №. 38. – S. 84-92.

5. Ivashova V. A., Svistunova I. G., Bazarov R. A. Upravlenie prakticheskoi podgotovkoi inzhenerov v universitete: sotsiologicheskii analiz // Moskovskii ekonomicheskii zhurnal. – 2023. – №. 12. – S. 496-506.

6. Danilenko P. N., Orekhov A. V., Romanov R. S. Prostranstvennoe myshlenie sovershenstvovanie podgotovki voennykh inzhenerov // Vestnik voennogo obrazovaniya. – 2022. – №. 5 (38). – S. 45-48.

7. Sheinbaum V. S., Nikol'skii V. S. Inzhenernaya deyatel'nost' i inzhenernoe myshlenie v kontekste ekspansii iskusstvennogo intellekta // Vysshee obrazovanie v Rossii. – 2024. – T. 33. – №. 6. – S. 9-27.

8. Pugachev I. Yu. Skriningovoe issledovanie fizicheskogo sostoyaniya i kvantovykh mul'tielementov dvigatel'noi motoriki inzhenernogo chelovecheskogo kapitala // Chelovecheskii kapital. – 2024. – T. 10. – №. 190. – S. 203.

9. Chernyakevich E. Yu. Issledovanie osobennostei priverzhennosti organizatsii i professii u budushchikh inzhenerov // Perspektivy nauki i obrazovaniya. – 2022. – №. 1 (55). – S. 508-522.

10. Gasainieva U. B. Sotsiokul'turnye patterny tsifrovoi kompetentnosti: kak meditsinskie inzhenery vosprinimayut iskusstvennyi intellekt? // Gumanitarnye, sotsial'no-ekonomicheskie i obshchestvennye nauki. – 2025. – №. 7. – S. 28-31.

11. van de Merwe K., Mallam S., Nazir S. Agent Transparency, Situation Awareness, Mental Workload, and Operator Performance: A Systematic Literature Review // Human Factors. – 2024. – Vol. 66. – No. 1. – P. 180–208. – DOI 10.1177/00187208221077804.

12. van de Merwe K., Mallam S., Nazir S., Engelhardtsen Ø. The Influence of Agent Transparency and Complexity on Situation Awareness, Mental Workload, and Task Performance // Journal of Cognitive Engineering and Decision Making. – 2024. – Vol. 18. – No. 2. – P. 156–184. – DOI 10.1177/15553434241240553.

13. Riahi Samani A., Mishra S. How long the effect of take-over conditions lasts? A survival analysis of commercial motor vehicle drivers' reaction time and driving

behavior in Level 4 automated vehicles // Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour. – 2024. – Vol. 107. – P. 149–166. – DOI 10.1016/j.trf.2024.08.033.

14. Stasch S.-M., Mack W. When automation fails – Investigating cognitive stability and flexibility in a multitasking scenario // Applied Ergonomics. – 2025. – Vol. 125. – Article 104461. – DOI 10.1016/j.apergo.2024.104461.

15. Lin C., Zhang F., Zhang Y., Zhang T. Vigilance decrement in automated vs. manual driving: Insights from multimodal data // Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour. – 2025. – Vol. 112. – P. 207–220. – DOI 10.1016/j.trf.2025.03.022.

16. Saghafian M., Vatn D. M. K., Moltubakk S. T., Bertheussen L. E., Petermann F. M., Johnsen S. O., Alsos O. A. Understanding automation transparency and its adaptive design implications in safety-critical systems // Safety Science. – 2025. – Vol. 184. – Article 106730. – DOI 10.1016/j.ssci.2024.106730.

17. Fang R., Zhou Q., Zhou C., Yuan S., Wang K., Li Q., Zhang Y., Li J. A Systematic Review of Empirical Studies on Situation Awareness: Perspectives From the Interaction Among Humans, Machines, and the Task Environment // PsyCh Journal. – 2025. – Vol. 14. – No. 5. – P. 718–733. – DOI 10.1002/pchj.70027.

18. Moens L. L., Lydon S., Cucurachi S., O'Connor P., Sauter T. C., Töndury G.-A., Manser T. Measuring Situation Awareness: A Meta-Review Across Domains // Human Factors. – 2026. – Vol. 68. – No. 5. – P. 632–672. – DOI 10.1177/00187208251412110.

19. Hancock P. A. Human vigilance in the age of intelligent machines: Challenges and prospects // Ergonomics. – 2026. – Advance online publication. – DOI 10.1080/00140139.2025.2609813.

Статья поступила в редакцию 24.02.2026; одобрена после рецензирования 07.04.2026; принята к публикации 05.10.2026.

The article was submitted 24.02.2026; approved after reviewing 07.04.2026; accepted for publication 05.10.2026.