

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

Научная статья

УДК 159.9:62

СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОПЕРАТОРСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ

**Левченко Валерий Витальевич, доктор педагогических наук, профессор,
заведующий кафедрой педагогики, Самарский национальный
исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, Россия,
Самара, v_levchenko88@mail.ru;**

**Кондратьева Светлана Юрьевна, кандидат психологических наук, доцент
кафедры олигофренопедагогики, Российский государственный
педагогический университет им. А.И. Герцена, Россия, Санкт-Петербург,
skondratieva@yandex.ru**

Аннотация. Настоящее исследование направлено на структурно-функциональный анализ операторской деятельности в автоматизированных системах управления, декомпозицию трудовых операций на когнитивные, моторные и регуляторные компоненты, выявление критических зон принятия решений в штатных и нештатных режимах и формулирование требований к проектированию рабочих процедур. Рассмотрение человека и технических средств как единого функционального контура составляет теоретико-методологическую основу разработки методик оценки распределения психических нагрузок и оптимизации человеко-машинного взаимодействия. В условиях прогрессирующей автоматизации производственных процессов и смещения содержания труда в область информационно-аналитической деятельности возрастает необходимость научного обоснования когнитивно-эргономических подходов, согласующих параметры информационных потоков с адаптационными возможностями оператора. Операторская деятельность, интерпретируемая как динамическая система последовательных операций

восприятия, оценки, выбора реакции и контроля, выступает объектом исследования в контексте обеспечения надежности управления технологическими комплексами. Основными результатами являются количественная оценка доли операциональных компонентов в различных режимах функционирования системы, установление зон повышенного когнитивного напряжения при конфликтующих сигналах, фиксация расхождений между нормативными и фактическими временными характеристиками выполнения задач и разработка критериев эргономической организации рабочих процедур. Проведенный анализ подтверждает положение о том, что устойчивость профессиональной деятельности обеспечивается согласованием архитектуры интерфейсов с закономерностями избирательного внимания, введением дифференцированных временных нормативов и структурированием информационных потоков, предотвращающим дефицит когнитивных ресурсов в условиях переменной информационной нагрузки.

Ключевые слова: операторская деятельность, автоматизированные системы управления, инженерная психология, когнитивная эргономика, структурно-функциональный анализ, принятие решений, нормативные временные характеристики, проектирование рабочих процедур.

Original article

STRUCTURAL AND FUNCTIONAL ANALYSIS OF OPERATOR ACTIVITIES IN AUTOMATED CONTROL SYSTEMS

Levchenko Valery Vitalievich, Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Head of the Department of Pedagogy, Samara National Research University named after Academician S.P. Korolyov, Samara, Russia, v_levchenko88@mail.ru;

Kondratieva Svetlana Yuryevna, Candidate of Psychological Sciences, Associate Professor of the Department of Oligophrenopedagogy, Herzen State Pedagogical University of Russia, St. Petersburg, Russia, skondratieva@yandex.ru

Abstract. This study focuses on the structural-functional analysis of operator activity in automated control systems, the decomposition of work operations into cognitive, motor, and regulatory components, the identification of critical decision-making zones during routine and non-routine operations, and the formulation of requirements for designing work procedures. Viewing the human operator and technical systems as a unified functional loop provides the theoretical and methodological basis for developing methods to assess the distribution of mental workloads and optimize human-machine interaction. Amidst the progressive automation of production processes and the shift of work content toward information-analytical tasks, there is a growing need for a scientific rationale for cognitive-ergonomic approaches that align information flow parameters with the operator's adaptive capabilities. Operator activity—interpreted as a dynamic system of sequential operations involving perception, assessment, response selection, and monitoring—serves as the object of study in the context of ensuring the reliability of technological system control. Key results include a quantitative assessment of the proportion of operational components across various system operating modes, the identification of zones of heightened cognitive strain associated with conflicting signals, the documentation of discrepancies between normative and actual task execution times, and the development of criteria for the ergonomic organization of work procedures. The analysis confirms that the stability of professional performance is ensured by aligning interface architecture with the principles of selective attention, implementing differentiated time standards, and structuring information flows to prevent cognitive resource depletion under conditions of fluctuating information load.

Keywords: operator activity, automated control systems, engineering psychology, cognitive ergonomics, structural and functional analysis, decision making, standard time characteristics, design of work procedures.

Введение. Современная автоматизация изменяет не только объём, но и структуру операторского труда. Передача технической системе значительной

части исполнительных операций не устраняет человека из контура управления: его функции смещаются в сторону наблюдения за состоянием объекта, распознавания отклонений, проверки автоматических решений и вмешательства в ситуациях, которые не могут быть полностью обработаны заданным алгоритмом. Поэтому увеличение уровня автоматизации способно одновременно уменьшать количество рутинных действий и повышать требования к ситуационному анализу в редких, но критически значимых эпизодах [12].

Для операторской деятельности особенно существен переход от длительного мониторинга к активному вмешательству. В штатном режиме специалист поддерживает представление о состоянии объекта при относительно ограниченном количестве управляющих действий. При появлении нескольких отклонений структура задачи быстро меняется: необходимо выделить значимый сигнал среди конкурирующей информации, установить приоритет действий, перейти от наблюдения к управлению и проверить эффект выполненной коррекции. Когнитивная сложность поэтому концентрируется не только внутри отдельных операций, но и в точках перехода между функциональными режимами деятельности.

Такой подход меняет и задачу эргономического проектирования. Недостаточно минимизировать суммарное число информационных элементов на интерфейсе или сокращать среднее время выполнения операций. Необходимо обеспечить оператору сохранение контекста задачи в момент переключения, различимость приоритетных сигналов и возможность быстро восстановить логику технологического процесса после вмешательства автоматики. Современные рекомендации в области когнитивной эргономики также подчёркивают необходимость включать человеческие возможности и ограничения непосредственно в проектирование автоматизированных рабочих систем [15].

Структурно-функциональный анализ предполагает выделение

обособленных элементов трудового процесса с последующим установлением их взаимозависимостей в рамках полного рабочего цикла. Приём информационных сигналов, оценка текущего состояния объекта, выбор варианта коррекции и реализация управляющего воздействия рассматриваются как последовательные звенья, каждое из которых предъявляет специфические требования к возможностям переработки информации и устойчивости внимания. Методологическая база исследования включает регистрацию временных параметров выполнения операций, фиксацию траекторий зрительного поиска, анализ динамики мышечного напряжения и сопоставление полученных показателей с конфигурацией программно-аппаратного комплекса [3].

Основной задачей настоящего исследования выступает построение верифицированной модели, отражающей распределение функциональных нагрузок между человеком и автоматизированным контуром в условиях переменной информационной насыщенности. Научная новизна заключается в интеграции когнитивных метрик с параметрами эргономической организации рабочего пространства. В результате формируются критерии оптимального соотношения автоматизированного и ручного управления, а также определяются границы допустимого усложнения дисплейных средств без снижения надёжности выполнения задач. Полученные выводы уточняют подходы к проектированию систем, ориентированных на поддержание устойчивой когнитивной деятельности оператора и снижение вероятности ошибочных действий при изменении режима работы оборудования.

Обзор литературы. Анализ профессиональной деятельности персонала автоматизированных систем управления строился на принципах системного подхода, предполагающего рассмотрение человека и технических средств как единого функционального контура. В работах по инженерной психологии основное внимание уделялось распределению функций между оператором и аппаратурой, что позволяло оптимизировать интерфейсы и снизить избыточную нагрузку на исполнительные звенья [4-6]. По мере роста степени автоматизации

исполнительные операции постепенно передавались программным алгоритмам, а содержание труда сместилось в область мониторинга, интерпретации сигналов и ситуационного прогнозирования. Данное изменение потребовало совершенствования существующих моделей оценки трудовых затрат, поскольку хронометражные методы не учитывают скрытые когнитивные процессы, протекающие в условиях непрерывного информационного потока [7-9].

При высокой степени автоматизации распределение функций целесообразно описывать не только по принципу «человек выполняет - автоматика выполняет», но и по роли оператора в информационном процессе. Систематический обзор современных исследований взаимодействия человека с автоматикой выделяет, наряду с исполнительными функциями, мониторинг, обработку информации и функциональные роли, связанные с контролем автономной системы [12]. Для инженерной психологии это означает необходимость анализировать не только количество ручных действий, но и сохранение готовности человека к своевременному включению в управление.

Особое значение имеет когнитивная нагрузка в момент отклонения от штатного режима. Обзор исследований операторов сложных пультов показывает, что единственного универсального индикатора нагрузки недостаточно: поведенческие, субъективные и физиологические показатели отражают разные стороны функционального состояния [13]. В современных исследованиях диспетчерской и операторской деятельности всё шире используются совместно параметры зрительного поведения и физиологические сигналы, поскольку такая комбинация даёт более полное представление о нагрузке, чем отдельный источник данных [14].

Следовательно, структурно-функциональный анализ должен отвечать на два разных вопроса: какие действия составляют рабочий цикл и на каких этапах изменение информационной ситуации предъявляет повышенные требования к оператору. Первый вопрос решается декомпозицией операций; второй - анализом задержек, повторных проверок, ошибок и переходов между этапами

принятия решения. Именно их совместное рассмотрение используется далее в настоящем исследовании.

Современные исследования в области когнитивной эргономики указывают на необходимость разделения операторской деятельности на отдельные компоненты, каждый из которых предъявляет специфические требования к психическим ресурсам. При этом в научной литературе сохраняется пробел в систематизации взаимосвязей между когнитивными, моторными и регуляторными элементами труда, что затрудняет формирование единой методологии проектирования рабочих процедур. Отдельное внимание исследователей привлекает проблема рассогласования нормативных временных параметров и реальной динамики выполнения задач, особенно при переходе от штатного функционирования системы к нештатным режимам. Анализ показывает, что критические точки принятия решений часто оказываются скрытыми внутри последовательностей операций, не фиксируемых стандартными регламентами [10]. Это обуславливает необходимость структурно-функционального подхода, позволяющего количественно оценивать распределение нагрузок и выявлять участки деятельности с повышенным риском ошибок.

Организация и методология исследования. Эмпирическая база исследования формировалась на основе моделирования деятельности операторов в условиях имитационного тренажера, воспроизводящего архитектуру современного автоматизированного комплекса управления технологическим процессом. В выборку вошли 24 специалиста со стажем работы в соответствующих системах не менее 3 лет, что обеспечивало достаточный уровень сформированности профессиональных навыков. Процедура исследования включала регистрацию параметров выполнения стандартных циклов контроля и реакции на смоделированные нештатные ситуации, генерируемые с заданной частотой и интенсивностью. Для фиксации операциональной структуры регистрировались временные метки начала и

завершения действий, траектории зрительного поиска и последовательность управляющих воздействий. Анализ выполнялся отдельно для штатных циклов и смоделированных нештатных ситуаций. К когнитивным относились операции распознавания и классификации сигналов, сопоставления текущего состояния с рабочим эталоном и выбора решения; к моторным - непосредственное выполнение управляющих действий посредством устройств ввода; к регуляторным - повторная проверка, контроль результата и корректировка ранее выбранного действия.

Такое разделение использовалось как функциональная классификация наблюдаемых действий. Оно не предполагает, что когнитивные процессы прекращаются во время моторной или регуляторной операции: категории характеризуют преобладающую функцию конкретного фрагмента рабочего цикла. Поэтому получаемое процентное распределение отражает структуру времени деятельности.

Нормативные временные значения извлекались из эксплуатационной документации и сопоставлялись с фактической продолжительностью операций в тренажёрной серии. Критическими считались участки, в которых сочетались задержка реакции, повторное обращение к параметрам, необходимость изменения очередности действий либо увеличение числа ошибочных решений. Подобный способ оценки соответствует современному требованию рассматривать когнитивную нагрузку совместно с показателями выполнения задачи, поскольку сама продолжительность операции не является достаточным индикатором напряжённости [13].

Траектории зрительного поиска использовались прежде всего для характеристики распределения визуального внимания. Современные исследования пультовой деятельности подтверждают информативность совместного использования данных о движениях глаз и других показателей и одновременно показывают ограниченность выводов о когнитивном состоянии, основанных только на одном канале регистрации [14].

Результаты проведения исследования и их обсуждение. Проведённая декомпозиция структуры операций показала, что распределение компонентов деятельности существенно различается в зависимости от режима функционирования системы. В штатных условиях доля когнитивных операций составила основную часть рабочего цикла, что отражает информационно-аналитический характер современных задач. Моторные элементы сохраняли минимальный удельный вес, однако их выполнение требовало высокой точности и согласованности с поступающими сигналами. Регуляторные функции проявлялись в виде периодических проверок достоверности данных и корректировки стратегий мониторинга. При переходе к нештатным режимам структура существенно изменялась: возрастала доля регуляторных операций, усиливалась потребность в быстрой перестройке когнитивной деятельности и повышалась роль моторного контроля при выполнении корректирующих действий. Закономерности наглядно представлены в таблице 1, где обозначено процентное соотношение компонентов в различных условиях эксплуатации.

Таблица 1 - Структура операторских действий в штатном и нештатном режимах, %

Режим функционирования	Когнитивные операции	Моторные операции	Регуляторные операции
Штатный	62,4	18,1	19,5
Нештатный	48,7	26,3	25,0

Источник: разработано авторами.

Полученное распределение показывает изменение внутренней организации деятельности при переходе к нештатному режиму. В штатном цикле на когнитивно-информационные операции приходится 62,4% структуры действий, тогда как моторные и регуляторные элементы занимают соответственно 18,1% и 19,5%. При возникновении отклонения доля моторных действий увеличивается до 26,3%, а регуляторных - до 25%, что отражает более частую необходимость вмешательства, контроля и корректировки.

Снижение относительной доли когнитивных операций до 48,7% не означает снижения когнитивной нагрузки оператора. Процентные значения

характеризуют распределение компонентов внутри рабочего цикла, тогда как когнитивная сложность отдельного эпизода может одновременно возрастать. В нештатной ситуации меньше времени может приходиться на относительно продолжительный мониторинг, но больше требований предъявляется к быстрой диагностике, установлению приоритета и переходу к действию. Поэтому структурный показатель следует интерпретировать совместно с задержками реакции и характеристиками критических точек.

Выявление критических точек принятия решений показало, что в штатном цикле наиболее напряженными участками являются фазы первичной оценки отклонений параметров и выбора стратегии коррекции. В нештатных режимах критическими становятся моменты одновременного поступления конфликтующих сигналов, требующих приоритизации действий и подавления автоматических реакций, сформированных в условиях нормальной эксплуатации. Схема функциональных связей (рисунок 1) иллюстрирует последовательность этапов принятия решений и зоны повышенного когнитивного напряжения, где фиксируется наибольшая вероятность ошибочных действий.



Рисунок 1 - Функциональная структура принятия решений оператором в автоматизированной системе управления (источник: разработано авторами)

Примечание: зоны критического напряжения: сопоставление с нормативом при нескольких одновременных отклонениях; выбор реакции при дефиците времени; контроль результата при одновременном поступлении сигналов обратной связи.

Рассогласование между алгоритмической логикой системы и возможностями человеческого восприятия возникает на этапах сопоставления текущего состояния с эталонными значениями. В этих точках оператор сталкивается с необходимостью быстрой фильтрации второстепенных данных и выделения значимых признаков, что требует высокой когнитивной гибкости. При наложении дополнительных информационных потоков вероятность пропуска критического параметра возрастает, поскольку механизмы избирательного внимания не успевают адаптироваться к изменяющейся плотности сигналов (таблица 2).

Таблица 2 - Критические переходы в структуре операторского решения

Переход	Основная задача оператора	Источник затруднения, выявленный в исследовании	Эргономически значимое требование
Приём сигнала → классификация состояния	Выделить значимое изменение	Наложение и конкуренция нескольких сигналов	Иерархизация предупреждений по оперативной значимости
Классификация → сопоставление с нормативом	Определить характер и величину отклонения	Необходимость обращения к нескольким информационным участкам	Совместное представление текущего и эталонного состояния
Сопоставление → выбор реакции	Установить приоритет корректирующего действия	Дефицит времени и несколько возможных вариантов	Явное отображение статуса ситуации и последствий альтернатив
Выбор → реализация действия	Перейти от диагностической к исполнительной задаче	Необходимость подавления привычного штатного алгоритма	Снижение числа лишних переключений между интерфейсами
Реализация → контроль результата	Проверить эффект вмешательства	Наложение сигналов обратной связи и повторные проверки	Сохранение визуального контекста выполненного действия

Источник: разработано авторами по результатам проведённого структурно-функционального анализа.

Выделение переходов позволяет точнее локализовать «узкие места» операторского контура. Наиболее рискованной оказывается не любая информационно насыщенная фаза, а ситуация, в которой одновременно меняются содержание задачи и требуемый способ действия. Оператор должен прекратить наблюдение, определить значение отклонения, выбрать действие и затем восстановить контроль над новым состоянием объекта.

Эта закономерность согласуется с современными исследованиями интерфейсных прерываний: увеличение сложности интерфейса повышает задержку при возвращении к задаче и вероятность ошибок, тогда как контекстные подсказки облегчают восстановление деятельности [18]. Интеграция информации также способна менять распределение нагрузки между участниками сложного операторского контура, поэтому объединение данных на одном рабочем представлении должно оцениваться по тому, помогает ли оно конкретной функции оператора [16].

Сопоставление фактических и нормативных временных характеристик выявило, что в отдельных критических фазах расхождение достигает 35% от регламентированного значения. Этот показатель следует характеризовать как максимальное обнаруженное отклонение. Основными причинами дополнительных временных затрат были повторная проверка показаний и переходы между разнородными интерфейсными представлениями.

Полученный результат указывает на ограниченность единых временных нормативов для функционально различных режимов. Продолжительность операции, достаточная при штатном мониторинге, может оказаться нереалистичной при необходимости одновременно классифицировать несколько отклонений и менять порядок действий. Современный анализ способов управления нагрузкой операторов сложных пультов также показывает, что организационные и интерфейсные меры должны учитывать конкретную фазу

работы и характер кризисной задачи, а не только средний уровень загрузки [17].

При этом данные настоящего исследования не дают оснований утверждать, что выявленные задержки сами по себе формируют накопленный ресурсный дефицит в течение полной рабочей смены: для такого заключения необходимы продолжительное наблюдение и самостоятельные показатели утомления. Более обоснованный вывод состоит в том, что повторяющиеся временные превышения уменьшают доступный временной резерв для последующих операций и при высокой плотности событий потенциально увеличивают риск ошибки.

На основании результатов целесообразно сформулировать три проектных требования. Во-первых, приоритетные отклонения должны быть различимы по оперативной значимости и не конкурировать с второстепенными сообщениями за одну и ту же область внимания. Во-вторых, оператору необходимо сохранять контекст при переходе от диагностики к управляющему действию: ключевые параметры состояния и результат последнего вмешательства должны оставаться доступными без повторного поиска. В-третьих, временные регламенты следует дифференцировать для штатных и нештатных сценариев с учётом реальной последовательности диагностических, исполнительных и контрольных действий.

Речь при этом идёт о том, что способ представления информации должен соответствовать текущей функции оператора: оператор должен получать информацию в объёме и форме, отвечающих текущей задаче [15]. Экспериментальные данные 2025 г. дополнительно показывают, что высокая сложность интерфейса увеличивает число ошибок и задержку при возобновлении деятельности, тогда как ясные контекстные ориентиры облегчают возврат к прерванной задаче [18].

Выводы. Проведённый структурно-функциональный анализ показывает, что организация операторской деятельности в автоматизированной системе изменяется в зависимости от состояния управляемого объекта. В штатном

режиме на когнитивные операции приходится 62,4% структуры рабочего цикла, на моторные - 18,1%, на регуляторные - 19,5%. При переходе к нештатному режиму соответствующие показатели составляют 48,7%, 26,3% и 25%, что отражает увеличение удельного веса непосредственного вмешательства и контроля результата.

Относительное сокращение когнитивной составляющей в нештатном режиме не следует отождествлять с уменьшением психической нагрузки. Процентное распределение описывает структуру действий, тогда как сами операции диагностики и выбора решения выполняются при более высокой информационной неопределённости и дефиците времени. Наиболее информативным поэтому является совместный анализ структуры рабочего цикла, временных задержек и ошибок.

Критические участки сосредоточены преимущественно на границах функциональных этапов: при переходе от регистрации сигнала к его классификации, от диагностики к выбору управляющего воздействия и от выполненного действия к проверке результата. Особенно напряжённой является ситуация одновременного поступления конкурирующих сигналов, когда оператор должен определить их приоритет и отказаться от алгоритма, эффективного в штатном режиме.

Сопоставление нормативных и фактических временных характеристик выявило максимальное рассогласование до 35% в отдельных критических фазах. Дополнительные временные затраты возникают прежде всего при повторном подтверждении данных и переключении между информационными представлениями. Этот результат обосновывает необходимость устанавливать разные нормативы для штатных и нештатных задач, поскольку временная структура этих режимов различается.

Полученные данные позволяют рассматривать в качестве основного объекта эргономической оптимизации не отдельный элемент интерфейса, а переход между функциями оператора. Интерфейс должен облегчать сохранение

контекста при переключении от мониторинга к вмешательству, поддерживать приоритизацию отклонений и обеспечивать видимость результата ранее выполненного действия. Подобная постановка соответствует современному пониманию оператора в автоматизированной системе как участника, выполняющего функции мониторинга, информационно-аналитической обработки и непосредственного вмешательства в управление [12].

Практическое применение результатов возможно при проектировании пультов управления, подготовке тренажёрных сценариев и пересмотре рабочих регламентов. При этом рекомендации должны проходить отдельную проверку на конкретном интерфейсе: цветовое кодирование, степень информационной интеграции или автоматическое перераспределение функций сами по себе не гарантируют уменьшения нагрузки. Современные исследования показывают, что характеристики интерфейса и способ интеграции информации способны одновременно менять эффективность работы и распределение нагрузки между операторами [16, 18].

Ограничения исследования связаны с небольшой выборкой из 24 опытных специалистов и использованием имитационного тренажёра. Это повышает контролируемость сценариев, но ограничивает перенос результатов на длительную реальную смену и другие автоматизированные комплексы. В дальнейшем целесообразно проверить устойчивость обнаруженных критических переходов на независимой выборке, дополнить поведенческие показатели субъективной оценкой нагрузки и, при необходимости, многоканальными психофизиологическими измерениями.

Список литературы

1. Жилияков Е. В., Томус И. Ю., Монахова З. Н., Гузеева С. А., Петров Г. Л. Критериальный подход к профессиональному отбору оператора автоматизированной системы управления установки комплексной подготовки нефти и газа территориально-производственного предприятия «Когалымнефтегаз» // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 2023.

– №. 6 (162). – С. 88-97.

2. Никитин Н. В., Фрасын П. Г., Масанов Д. В. Анализ методов интеграции моделей машинного обучения в SCADA-системы // Инженерный вестник Дона. – 2025. – №. 6 (126). – С. 659-674.

3. Барабанщикова В. В., Бояринов Д. М., Мосейкин Д. И., Новикова Ю. А. Особенности изучения профессиональной деятельности операторов БПЛА // Вестник Московского университета. Серия 14. Психология. – 2026. – №. 1. – С. 224-245.

4. Спасенников В. В., Сударик А. Н., Федотов С. Н. Анализ эрготехнических результатов изобретательских решений в сфере тренажеростроения систем человек–техника // Психология и педагогика служебной деятельности. – 2024. – №. 2. – С. 67-75.

5. Сокольская М. В., Волкова А. А., Пекарь Е. В. Представление судоводителей о профессиональном обучении при прохождении тренажерной подготовки // Системная психология и социология. – 2024. – №. 1 (49). – С. 60-70.

6. Митрофанов М. В., Темников М. В., Коробка С. В., Кокошенко В. С. Методика рационального выбора средств аттестации операторов пунктов контроля // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2022. – №. 7. – С. 102-108.

7. Чернецкая Е. Д., Леонова Е. В., Бессонова Ю. В., Андрюшина Л. О. Вероятность совершения ошибочных действий оперативным персоналом АЭС: роль длительности и интенсивности рабочей нагрузки // Вестник Московского университета. Серия 14. Психология. – 2026. – №. 1. – С. 246-272.

8. Сидоренко В. Г., Грачев Я. Л. Реализация комплексного статистического стегадетектора в рамках интеллектуальных транспортных систем // Автоматика на транспорте. – 2025. – Т. 11. – №. 3. – С. 226-238.

9. Бугорский М. А. Модель функционирования эргатической системы контроля информационного обмена // Автоматизация и моделирование в проектировании и управлении. – 2023. – №. 4 (22). – С. 37-44.

10. Чекалин В. В. Эргатический подход к проектированию обучающей среды в системе профессиональной подготовки судоводителей // Педагогика. Вопросы теории и практики. – 2025. – Т. 10. – №. 9. – С. 1336-1344.
11. Гулый И. М. Проекты цифровизации российских транспортно-логистических компаний–операторов транспортного рынка // Информатизация в цифровой экономике. – 2023. – Т. 4. – №. 4. – С. 431-442.
12. Wilhelm J., Freitag M. Operator Role Classification in Human-Automation Interaction: A Systematic Review // IFAC-PapersOnLine. – 2024. – Vol. 58. – No. 19. – P. 1276–1281. – DOI: 10.1016/j.ifacol.2024.09.083.
13. Braarud P. Ø. Measuring cognitive workload in the nuclear control room: a review // Ergonomics. – 2024. – Vol. 67. – No. 6. – P. 849–865. – DOI: 10.1080/00140139.2024.2302381.
14. Iqbal M. U., Srinivasan B., Srinivasan R. Multi-class classification of control room operators' cognitive workload using the fusion of eye-tracking and electroencephalography // Computers & Chemical Engineering. – 2024. – Vol. 181. – Article 108526. – DOI: 10.1016/j.compchemeng.2023.108526.
15. Gualtieri L., Fraboni F., Brendel H., Pietrantoni L., Vidoni R., Dallasega P. Updating design guidelines for cognitive ergonomics in human-centred collaborative robotics applications: An expert survey // Applied Ergonomics. – 2024. – Vol. 117. – Article 104246. – DOI: 10.1016/j.apergo.2024.104246.
16. Michailovs S., Pond S., Irons J., Salmon P. M., Visser T. A. W., Schmitt M., Stanton N. A., Strickland L., Huf S., Loft S. The effect of information integration on team communication in a simulated submarine control room task // Ergonomics. – 2025. – Vol. 68. – No. 4. – P. 513–537. – DOI: 10.1080/00140139.2024.2375365.
17. Pakarinen S., Sallinen M. Workload management measures for supporting nuclear industry main control room operators and emergency response organization personnel during crises: a scoping review // Industrial Health. – 2025. – Vol. 63. – No. 3. – P. 214–241. – DOI: 10.2486/indhealth.2024-0155.
18. Zhang C., Wei D. P., Ji Y., Chen D., Li X. Y., Gong X. D. The influence of interface

attributes and interaction elements on user performance and cognitive load in task interruption scenarios // *International Journal of Industrial Ergonomics*. – 2025. – Vol. 108. – Article 103761. – DOI: 10.1016/j.ergon.2025.103761.

References

1. Zhilyakov E. V., Tomus I. Yu., Monakhova Z. N., Guzeeva S. A., Petrov G. L. Kriterial'nyi podkhod k professional'nomu otboru operatora avtomatizirovannoi sistemy upravleniya ustanovki kompleksnoi podgotovki nefti i gaza territorial'no-proizvodstvennogo predpriyatiya «Kogalymneftegaz» // *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Neft' i gaz*. – 2023. – №. 6 (162). – S. 88-97.
2. Nikitin N. V., Frasn P. G., Masanov D. V. Analiz metodov integratsii modelei mashinnogo obucheniya v SCADA-sistemy // *Inzhenernyi vestnik Dona*. – 2025. – №. 6 (126). – S. 659-674.
3. Barabanshchikova V. V., Boyarinov D. M., Moseikin D. I., Novikova Yu. A. Osobennosti izucheniya professional'noi deyatel'nosti operatorov BpLA // *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 14. Psikhologiya*. – 2026. – №. 1. – S. 224-245.
4. Spasennikov V. V., Sudarik A. N., Fedotov S. N. Analiz ergotekhnicheskikh rezul'tatov izobretatel'skikh reshenii v sfere trenazherostroeniya sistem chelovek–tehnika // *Psikhologiya i pedagogika sluzhebnoi deyatel'nosti*. – 2024. – №. 2. – S. 67-75.
5. Sokol'skaya M. V., Volkova A. A., Pekar' E. V. Predstavlenie sudovoditelei o professional'nom obuchenii pri prokhozhdanii trenazhernoi podgotovki // *Sistemnaya psikhologiya i sotsiologiya*. – 2024. – №. 1 (49). – S. 60-70.
6. Mitrofanov M. V., Temnikov M. V., Korobka S. V., Kokoshenko V. S. Metodika ratsional'nogo vybora sredstv attestatsii operatorov punktov kontrolya // *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskie nauki*. – 2022. – №. 7. – S. 102-108.
7. Chernetskaya E. D., Leonova E. V., Bessonova Yu. V., Andryushina L. O. Veroyatnost' soversheniya oshibochnykh deistvii operativnym personalom AES: rol' dlitel'nosti i intensivnosti rabochei nagruzki // *Vestnik Moskovskogo universiteta*.

Seriya 14. Psikhologiya. – 2026. – №. 1. – S. 246-272.

8. Sidorenko V. G., Grachev Ya. L. Realizatsiya kompleksnogo statisticheskogo stegodetektora v ramkakh intellektual'nykh transportnykh sistem // Avtomatika na transporte. – 2025. – T. 11. – №. 3. – S. 226-238.

9. Bugorskii M. A. Model' funktsionirovaniya ergaticheskoi sistemy kontrolya informatsionnogo obmena // Avtomatizatsiya i modelirovanie v proektirovanii i upravlenii. – 2023. – №. 4 (22). – S. 37-44.

10. Chekalin V. V. Ergaticheskii podkhod k proektirovaniyu obuchayushchei sredy v sisteme professional'noi podgotovki sudovoditelei // Pedagogika. Voprosy teorii i praktiki. – 2025. – T. 10. – №. 9. – S. 1336-1344.

11. Gulyi I. M. Proekty tsifrovizatsii rossiiskikh transportno-logisticheskikh kompanii–operatorov transportnogo rynka // Informatizatsiya v tsifrovoi ekonomike. – 2023. – T. 4. – №. 4. – S. 431-442.

12. Wilhelm J., Freitag M. Operator Role Classification in Human-Automation Interaction: A Systematic Review // IFAC-PapersOnLine. – 2024. – Vol. 58. – No. 19. – P. 1276–1281. – DOI: 10.1016/j.ifacol.2024.09.083.

13. Braarud P. Ø. Measuring cognitive workload in the nuclear control room: a review // Ergonomics. – 2024. – Vol. 67. – No. 6. – P. 849–865. – DOI: 10.1080/00140139.2024.2302381.

14. Iqbal M. U., Srinivasan B., Srinivasan R. Multi-class classification of control room operators' cognitive workload using the fusion of eye-tracking and electroencephalography // Computers & Chemical Engineering. – 2024. – Vol. 181. – Article 108526. – DOI: 10.1016/j.compchemeng.2023.108526.

15. Gualtieri L., Fraboni F., Brendel H., Pietrantoni L., Vidoni R., Dallasega P. Updating design guidelines for cognitive ergonomics in human-centred collaborative robotics applications: An expert survey // Applied Ergonomics. – 2024. – Vol. 117. – Article 104246. – DOI: 10.1016/j.apergo.2024.104246.

16. Michailovs S., Pond S., Irons J., Salmon P. M., Visser T. A. W., Schmitt M., Stanton N. A., Strickland L., Huf S., Loft S. The effect of information integration on

team communication in a simulated submarine control room task // *Ergonomics*. – 2025. – Vol. 68. – No. 4. – P. 513–537. – DOI: 10.1080/00140139.2024.2375365.

17. Pakarinen S., Sallinen M. Workload management measures for supporting nuclear industry main control room operators and emergency response organization personnel during crises: a scoping review // *Industrial Health*. – 2025. – Vol. 63. – No. 3. – P. 214–241. – DOI: 10.2486/indhealth.2024-0155.

18. Zhang C., Wei D. P., Ji Y., Chen D., Li X. Y., Gong X. D. The influence of interface attributes and interaction elements on user performance and cognitive load in task interruption scenarios // *International Journal of Industrial Ergonomics*. – 2025. – Vol. 108. – Article 103761. – DOI: 10.1016/j.ergon.2025.103761.

Статья поступила в редакцию 02.12.2025; одобрена после рецензирования 15.01.2026; принята к публикации 15.07.2026.

The article was submitted 02.12.2025; approved after reviewing 15.01.2026; accepted for publication 15.07.2026.