

УДК 002.66

**Колбина Татьяна Дмитриевна**

студент (магистрант) 2 года обучения

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.

Ельцина, Россия, г. Екатеринбург

**КОГНИТИВНЫЕ АСПЕКТЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИНТЕРФЕЙСОВ  
ВИЗУАЛИЗАЦИИ ДАННЫХ В ПРОМЫШЛЕННЫХ СИСТЕМАХ  
УПРАВЛЕНИЯ**

*В статье рассматриваются когнитивные аспекты проектирования пользовательских интерфейсов для визуализации данных в промышленных системах управления. Проанализированы принципы когнитивной психологии, теория когнитивной нагрузки и их практическое применение к проектированию интерфейсов SCADA-систем. Особое внимание уделяется минимизации когнитивной нагрузки оператора для повышения эффективности принятия решений в условиях промышленного производства. Представлены методы визуализации трендов, учитывающие ограничения человеческого восприятия. Предложены практические рекомендации по проектированию конструкторов трендов.*

**Ключевые слова:** когнитивная нагрузка, проектирование интерфейсов, визуализация данных, промышленные системы управления, SCADA, человеко-машинное взаимодействие.

**Abstract.** The article examines cognitive aspects of user interface design for data visualization in industrial control systems. The principles of cognitive psychology, cognitive load theory, and their practical application to the design of SCADA system interfaces are analyzed. Particular attention is paid to minimizing operator cognitive load to improve decision-making efficiency in conditions of industrial production.

Methods of trend visualization are presented that take into account the limitations of human perception. Practical recommendations for designing trend constructors in industrial automation systems are proposed.

**Keywords:** cognitive load, interface design, data visualization, industrial control systems, SCADA, human-computer interaction.

**Введение.** Современные промышленные системы управления характеризуются высокой степенью автоматизации и генерируют огромные объемы данных, требующих обработки и анализа в режиме реального времени. Операторы таких систем должны быстро интерпретировать сложную информацию для принятия критически важных решений. В этих условиях качество проектирования пользовательских интерфейсов визуализации данных становится определяющим фактором эффективности и безопасности производственных процессов [1–3].

Проблема когнитивной перегрузки операторов является критической в области человеко-машинного взаимодействия. Неправильно спроектированный интерфейс может привести к увеличению времени реакции на критические события, повышению вероятности ошибок и снижению эффективности системы управления [4–5]. Применение принципов когнитивной психологии к проектированию интерфейсов позволяет создавать решения, соответствующие естественным способам обработки информации человеком и уменьшающие ментальную нагрузку [6–7].

Цель статьи – рассмотреть теоретические основы когнитивной психологии, применимые к проектированию интерфейсов конструкторов трендов, и предложить практические рекомендации по снижению когнитивной нагрузки операторов промышленных систем управления.

## Теоретические основы когнитивной психологии в проектировании интерфейсов

Когнитивная психология изучает процессы восприятия, обработки, хранения и использования информации человеком. Основными когнитивными процессами, релевантными для проектирования интерфейсов, являются восприятие, внимание, память и принятие решений [8]. Понимание механизмов работы этих процессов позволяет создавать интерфейсы, которые эффективно взаимодействуют с естественными способностями человеческого мозга.

Центральным понятием является когнитивная нагрузка – объем умственных усилий, необходимых для выполнения задачи. Теория когнитивной нагрузки выделяет три типа нагрузки, представленные в таблице 1.

Таблица 1 – Типы когнитивной нагрузки в проектировании интерфейсов

Тип нагрузки	Описание
Внутренняя	Определяется сложностью задачи и профессиональным опытом оператора
Внешняя	Обусловлена способом представления информации в интерфейсе; может быть снижена грамотным дизайном
Релевантная	Связана с построением ментальных схем и паттернов понимания; способствует обучению

Эффективный дизайн интерфейса должен минимизировать внешнюю когнитивную нагрузку через упрощение представления информации, оптимизировать управление внутренней нагрузкой через предустановленные шаблоны и способствовать формированию релевантной нагрузки через логическую структуру [9–10].

Принципы гештальт-психологии описывают, как человек группирует визуальные элементы в целостные структуры. Основные принципы включают близость (элементы рядом воспринимаются как связанные), сходство (похожие элементы группируются), непрерывность (взгляд следует по линиям), замыкание (мозг дополняет неполные фигуры). Применение этих принципов в дизайне интерфейсов ускоряет понимание информации [11–12].

### **Специфика когнитивных требований в промышленных системах управления**

Промышленные системы управления (SCADA, HMI) предъявляют особые требования к проектированию интерфейсов. Операторы работают в условиях повышенной ответственности, где ошибки могут привести к серьезным последствиям для безопасности и экономики [13]. Основные факторы, определяющие специфику промышленной среды, представлены в таблице 2.

Т а б л и ц а 2 – Факторы промышленной среды и соответствующие требования к интерфейсу

Фактор	Требования к интерфейсу
Мониторинг множества параметров	Иерархическое представление информации, возможность выборочного отображения
Критичность обнаружения аномалий	Визуальная сигнализация, высокий контраст, четкие индикаторы состояния
Стресс и ограниченное время	Интуитивные элементы управления, минимум действий для решения критических задач, контрастное выделение важных элементов
Длительные смены	Минимализм, наличие тёмной темы для снижение нагрузки на глаза

Традиционные подходы к проектированию промышленных интерфейсов часто фокусировались на технической полноте, пытаясь отобразить максимум информации. Однако такой подход приводит к перегруженным интерфейсам, где критически важная информация теряется среди второстепенных данных [14].

### **Методы визуализации данных с учетом когнитивных особенностей**

Выбор метода визуализации должен основываться на задачах пользователя и когнитивных процессах, необходимых для их решения. Для визуализации трендов наиболее эффективны линейные графики, позволяющие отслеживать изменения параметров во времени [15]. Человеческое зрение способно быстро следить за непрерывными линиями и оценивать их направление и динамику.

Использование цвета должно быть функциональным и учитывать особенности цветового восприятия. Приблизительно 8% мужчин страдают дальтонизмом, что требует использования дополнительных способов кодирования информации помимо цвета [16]. Теплые цвета (красный, оранжевый) привлекают внимание и используются для обозначения критических состояний, в то время как холодные цвета (синий, зеленый) ассоциируются с нормальным режимом работы.

На рисунке 1 представлен пример интерфейса SCADA-системы с визуализацией трендов, применяющий описанные принципы проектирования.

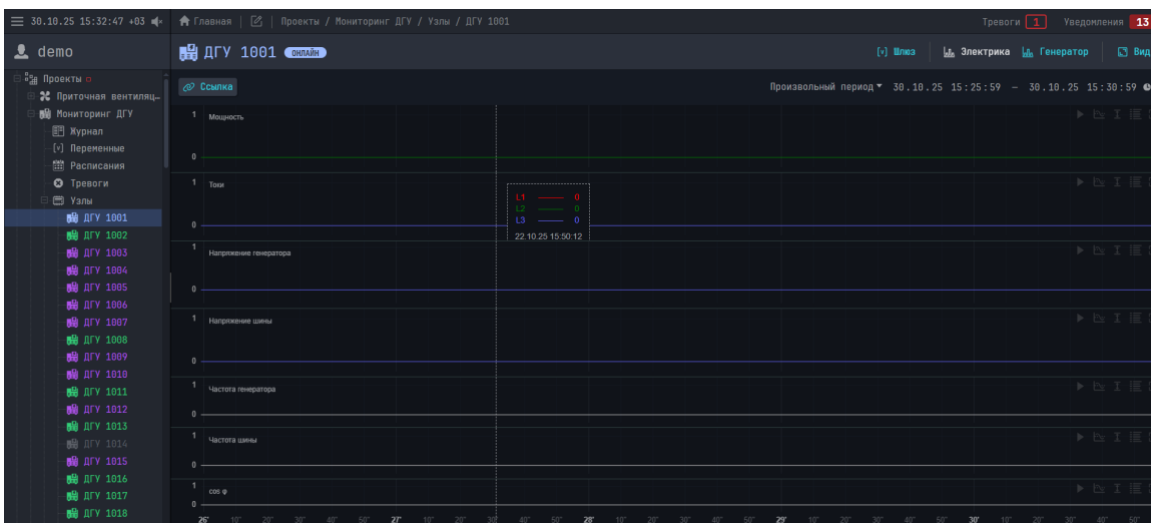


Рисунок 1 – Пример интерфейса SCADA-системы с визуализацией трендов

Принцип минимализма в визуализации предполагает удаление всех элементов, не несущих информационной нагрузки. Концепция коэффициента полезных чернил утверждает, что максимальная доля визуальных элементов должна быть посвящена отображению данных, а не декоративным элементам. Это особенно важно для промышленных интерфейсов, где избыточная информация может отвлекать внимание от критических параметров [17].

### Стратегии снижения когнитивной нагрузки в интерфейсах визуализации

Эффективное снижение когнитивной нагрузки достигается применением комплекса проектных решений [18–19]. Таблица 3 представляет основные стратегии и их применение к промышленным интерфейсам.

Таблица 3 – Стратегии снижения когнитивной нагрузки и их применение

Стратегия	Описание	Применение в промышленных интерфейсах

Упрощение интерфейса	Представление только существенной информации	Скрытие вторичных параметров, возможность раскрытия по запросу
Визуальная иерархия	Направление внимания на важные элементы	Выделение критических параметров цветом, размером и расположением
Консистентность дизайна	Использование знакомых паттернов	Стандартные иконки, привычные структуры меню

Продолжение таблицы 3

Стратегия	Описание	Применение в промышленных интерфейсах
Распознавание вместо припоминания	Визуальное представление опций	Кнопки и меню вместо команд, требующих запоминания
Группировка информации	Разбиение на управляемые сегменты	Логическое разделение на вкладки, секции, зоны

### **Практические рекомендации по проектированию конструкторов трендов**

При проектировании конструкторов трендов для промышленных систем следует руководствоваться следующими принципами:

1. Использование знакомых метафор и паттернов взаимодействия.

Операторы должны иметь возможность создавать визуализации без обращения к документации [20].

2. Предоставление готовых конфигураций для типовых сценариев анализа. Это снижает внутреннюю когнитивную нагрузку на выбор типа графика и настроек [21].

3. Базовые, часто используемые инструменты доступны сразу, расширенные настройки скрыты. Это избегает перегрузки интерфейса [22].

4. Система должна четко и ненавязчиво сообщать результаты действий пользователя. Это способствует формированию корректных ментальных моделей [23].

5. Учет особенностей производственной среды (освещение, расстояние от экрана, шум). Требуется внимание к размеру элементов, контрастности и альтернативным каналам обратной связи [24].

## **Заключение**

Когнитивные аспекты проектирования интерфейсов визуализации данных в промышленных системах управления представляют собой междисциплинарную область, объединяющую знания когнитивной психологии, эргономики и информационных технологий. Применение принципов теории когнитивной нагрузки и законов визуального восприятия позволяет создавать интерфейсы, соответствующие естественным способностям и ограничениям человеческого познания [25–26].

Специфика промышленной среды предъявляет особые требования к проектированию интерфейсов. Успешные решения должны минимизировать когнитивную нагрузку операторов, обеспечивать быстрое восприятие критической информации и поддерживать эффективное принятие решений [27–29].

## Список используемой литературы

- 1 Kedu.ru. Психология UX-дизайна: как когнитивные искажения влияют на пользователей [Электронный ресурс]. URL: <https://kedu.ru/press-center/articles> (дата обращения: 10.10.2025)
- 2 Habr. Дизайн интерфейса для промышленного контроллера [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/articles/495768> (дата обращения: 10.10.2025)
- 3 Путеводитель по когнитивной перегрузке. Научпоп на DTF [Электронный ресурс]. URL: <https://dtf.ru/science/3905169-kognitivnaya-peregruzka> (дата обращения: 10.10.2025)
- 4 COSSA. Боремся с когнитивной нагрузкой в web и mobile-дизайне [Электронный ресурс]. URL: [https://www.cossa.ru/l\\_tech/318097](https://www.cossa.ru/l_tech/318097) (дата обращения: 13.10.2025)
- 5 Habr. Принципы и адаптация практик разработки UX/UI для промышленных систем [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/companies/eaiconsult/articles/852652> (дата обращения: 13.10.2025)
- 6 Skillbox. Психология дизайна: 5 законов [Электронный ресурс]. URL: <https://skillbox.ru/media/design/design-is-neuro> (дата обращения: 17.10.2025)
- 7 Yandex Practicum. Проектирование интерфейсов: основные принципы [Электронный ресурс]. URL: <https://practicum.yandex.ru/blog/proektirovanie-interfejsov> (дата обращения: 17.10.2025)
- 8 VC.ru. Зачем дизайнеру знать когнитивную психологию? [Электронный ресурс]. URL: <https://vc.ru/design/1816902-zachem-dizaineru-znat-kognitivnuyu-psihologiyu> (дата обращения: 17.10.2025)
- 9 Sboard. Какие бывают виды визуализации данных? [Электронный ресурс]. URL: <https://sboard.online/blog/vidy-vizualizaczii-dannyh> (дата обращения: 20.10.2025)
- 10 User House. UX для промышленной среды, часть 3 [Электронный ресурс]. URL: <https://userhouse.ru/statyi/ux-dlya-promyshlennoy-sredy-chast-3> (дата обращения: 20.10.2025)
- 11 Skyeng. Как правильно и быстро строить график [Электронный ресурс]. URL: <https://skyeng.ru/it-industry/analytics/kak-pravilno-stroit-grafik-bystro-i-legko> (дата обращения: 21.10.2025)

- 12 Data Pilot. Why We Love Diagrams: The Psychology Behind Data Visualization [Электронный ресурс]. URL: <https://data-pilot.com/blog/why-we-love-diagrams-the-psychology-behind-data-visualization> (дата обращения: 30.10.2025)
- 13 PSC Engineering. HMI и SCADA [Электронный ресурс]. URL: <https://www.pscengineering.com/task-hmi-scada-ru.php> (дата обращения: 30.10.2025)
- 14 Mochuan Drives. Визуализация данных: использование промышленного человеко-машинного интерфейса [Электронный ресурс]. URL: <https://www.mochuan-drives.com/ru> (дата обращения: 30.10.2025)
- 15 IT-World. От данных к действию: как визуализация данных трансформирует бизнес [Электронный ресурс]. URL: <https://www.it-world.ru/cionews> (дата обращения: 30.10.2025)
- 16 Hashstudioz. Psychology of Data Visualization: Colors & Charts Impact [Электронный ресурс]. URL: <https://www.hashstudioz.com/blog> (дата обращения: 30.10.2025)
- 17 Visme. 30 лучших визуализаций данных 2024 года [Электронный ресурс]. URL: <https://visme.co/blog/ru> (дата обращения: 30.10.2025)
- 18 Aufait UX. Cognitive Load Theory in UI Design [Электронный ресурс]. URL: <https://www.aufaitux.com/blog/cognitive-load-theory-ui-design> (дата обращения: 30.10.2025)
- 19 Laws of UX. Cognitive Load [Электронный ресурс]. URL: <https://lawsofux.com/cognitive-load> (дата обращения: 30.10.2025)
- 20 Nielsen Norman Group. Minimize Cognitive Load to Maximize Usability [Электронный ресурс]. URL: <https://www.nngroup.com/articles/minimize-cognitive-load> (дата обращения: 30.10.2025)
- 21 Interaction Design Foundation. What is Cognitive Load? [Электронный ресурс]. URL: <https://www.interaction-design.org/literature/topics/cognitive-load> (дата обращения: 30.10.2025)
- 22 Towards Data Science. The Psychology behind Data Visualization Techniques [Электронный ресурс]. URL: <https://towardsdatascience.com> (дата обращения: 30.10.2025)
- 23 IDWorkers. Why Data Visualization Psychology Matters [Электронный ресурс]. URL: <https://idataworkers.com/blog> (дата обращения: 30.10.2025)
- 24 Habr. Важность человеческого фактора в UX-дизайне [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/articles/570872> (дата обращения: 30.10.2025)

- 25 РАО Энергия. Визуализация и анализ производственных данных [Электронный ресурс]. URL: <https://op-ex.ru/article/vizualizacziya> (дата обращения: 30.10.2025)
- 26 Habr. Как правильно визуализировать данные [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/articles/816191> (дата обращения: 30.10.2025)
- 27 E-Executive. 10 трендов визуализации данных [Электронный ресурс]. URL: <https://www.e-executive.ru/management/marketing> (дата обращения: 30.10.2025)
- 28 ГОСТ Р 6385-2016. Эргономика. Применение эргономических принципов при проектировании производственных систем. М.: Стандартинформ, 2016
- 29 ТПУ. Человеческие факторы в технике [Электронный ресурс]. URL: <https://portal.tpu.ru/SHARED/f/FENAI> (дата обращения: 30.10.2025)