

# Когнитивная перегрузка в цифровой среде:

как проектировать уроки физики и информатики  
с учетом лимитов рабочей памяти

---

Сергей Игоревич Шевелев

Учитель физики и информатики, 1 КК  
МКОУ «Троицкая СОШ №62»



АКТУАЛЬНОСТЬ ПРОБЛЕМЫ

# Цифровизация vs когнитивные ограничения

## Экспоненциальный рост

Современные образовательные платформы предоставляют **неограниченные возможности** для визуализации, анимации и интерактивности.

- ✔ Виртуальные лаборатории
- ✔ Интерактивные модели
- ✔ Мультимедийные презентации


## Эволюционная стабильность

Рабочая память имеет **жестко ограниченную емкость**, которую невозможно расширить технологическими средствами.

“ Каждый дополнительный визуальный элемент требует когнитивных ресурсов для обработки

## Парадокс цифровизации

- 1 Снижение глубины понимания**  
Поверхностное восприятие при избытке стимулов
- 2 Рост количества ошибок**  
Перегрузка рабочей памяти снижает точность
- 3 Увеличение утомляемости**  
Субъективное истощение обучающихся
- 4 Формальное вовлечение**  
Внешняя активность без глубокой обработки

 **Ключевой вывод:** Избыток возможностей может снижать эффективность обучения, создавая когнитивную перегрузку



# Когнитивная архитектура: ограничения рабочей памяти

## Исторический контекст

1956 Джордж Миллер

«Магическое число семь, плюс или минус два» — объем кратковременной памяти **7±2** единицы

2001 Нельсон Коуэн (метаанализ)

Реальная емкость рабочей памяти — **4±1 чанка** для большинства взрослых

## Нейрофизиологические данные

Ограничение рабочей памяти связано с функциональными характеристиками **префронтальной коры** головного мозга, отвечающей за:



Удержание информации



Переключение внимания



Торможение стимулов

## Возрастная динамика

7-9 лет

2-3 единицы

10-12 лет

3-4 единицы

13-15 лет

4-5 единиц

16-18 лет

≈ взрослые

**i** Чанк (chunk) — единица структурированной информации, объединенная по смыслу



# Теория когнитивной нагрузки (CLT)



## Внутренняя

### Intrinsic Cognitive Load

Объективная сложность материала, определяется количеством взаимодействующих элементов.

🧪 Пример:

Закон Ома: ЭДС, сопротивление, ток, напряжение

→ Оптимизируется



## Внешняя

### Extraneous Cognitive Load

Способ организации информации, не способствует обучению.

- ✗ Плохой дизайн
- ✗ Избыточная информация
- ✗ Разнесение элементов
- ✗ Многозадачность

↓ Минимизируется



## Полезная

### Germane Cognitive Load

Ресурсы на схемообразование — создание когнитивных схем.

✔ Процессы:

- Создание схем
- Автоматизация
- Интеграция в ДВП

↑ Максимизируется

Внутренняя



+

Внешняя



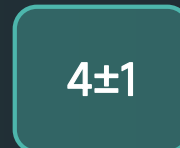
+

Полезная



≤

Емкость РП



⚠ Превышение суммарной нагрузки над емкостью рабочей памяти → когнитивная перегрузка



НОРМАТИВНАЯ БАЗА

# Требования ФГОС и СанПиН

## ФГОС ООО и СОО

Федеральные государственные образовательные стандарты требуют:

- ✓ **Цифровая грамотность** — формирование компетенций в работе с информацией
- ✓ **ИКТ-компетенции** — использование технологий в познавательной деятельности
- ✓ **Предметные результаты** — физическая картина мира, алгоритмическое мышление
- ✓ **Практические навыки** — программирование, моделирование, эксперимент

💡 Реализация требований объективно требует **значительных когнитивных ресурсов**

## Пример задачи программирования

Одновременное удержание в памяти:

Синтаксис языка

Логика алгоритма

Семантика переменных

Цели задачи

⚠ Для ученика 7-9 классов это превышает емкость РП

## СанПиН 1.2.3685-21

Предельно допустимое время **непрерывной работы с экраном**:

5-6 классы

15 мин

7-9 классы

20 мин

10-11 классы

25 мин

## ⚠ Двойное ограничение



Временное

СанПиН



Когнитивное

Емкость РП

→ Эффективное проектирование должно учитывать **оба фактора**



ПРОБЛЕМНОЕ ПОЛЕ

# Фундаментальные противоречия

## 1 Возможности vs ограничения

### Цифровые средства

Неограниченные возможности визуализации, анимации, интерактивности



### Когнитивная система

Жестко ограниченная емкость рабочей памяти ( $4 \pm 1$  чанка)

❗ **Парадокс:** избыток возможностей снижает эффективность

## 2 ИКТ vs санитарные нормы

### ФГОС требует

Активное применение цифровых инструментов в учебном процессе



### СанПиН ограничивает

Время работы с экраном: 15-25 минут в зависимости от возраста

❗ **Задача:** найти компромиссные решения



ПРОБЛЕМНОЕ ПОЛЕ

## Фундаментальные противоречия

### 3 Индивидуальность vs фронтальность

#### Индивидуальные различия

Емкость рабочей памяти варьирует в пределах одного класса



#### Фронтальное обучение

Ориентация на «среднего» ученика

⚠ **Результат:** перегрузка слабых, недогрузка сильных

### 4 Сложность vs время

#### Физика и информатика

Требуют формирования сложных иерархических схем знаний



#### Продолжительность урока

45 минут недостаточно для консолидации в ДВП

⚠ **Проблема:** недостаточное время на глубокое усвоение



# Принципы оптимизации когнитивной нагрузки (1-3)



## Сегментация

Chunking

Информация разделена на **смысловые блоки**, каждый не превышает емкость рабочей памяти.

### ⚙️ Практическая реализация:

- ✓ Лекционные сегменты по **5-7 минут** с паузами
- ✓ Поэтапное представление формул
- ✓ Прогрессивное раскрытие кода
- ✓ «Скелетные» конспекты

### Пример для физики:

1. Концептуальное понимание
2. Качественный анализ
3. Математическая формулировка
4. Решение задачи



## Модальность

Modality Effect

Использование **обоих каналов** восприятия (визуального и аудиального) увеличивает эффективную емкость.

### ⚙️ Практическая реализация:

- ✓ Объяснение графиков через **narration**
- ✓ Избегать дублирования информации
- ✓ Аудиоподписи к анимациям
- ✓ Подкасты для домашних заданий



**Эксперименты Майера:** аудиопояснения улучшают результаты на **30-50%**



## Устранение избыточности

Redundancy Principle

Избыточная информация **конкурирует** за ресурсы рабочей памяти и должна быть устранена.

### ⚙️ Практическая реализация:

- ✗ Удаление **декоративных** изображений
- ✗ Минимизация текста на слайдах
- ✗ Отключение уведомлений
- ✗ Раздаточные материалы **после** урока



**Принцип:** каждый элемент должен нести **учебную функцию**



# Принципы оптимизации (4-5) и алгоритм проектирования



## Смежность

Contiguity

Связанные элементы должны быть в **непосредственной близости** в пространстве и времени.

- ✓ Подписи **на графиках**, не в легенде
- ✓ Синхронизация анимации с объяснением
- ✓ Избегать переключения между окнами
- ✓ Интерактивные доски с аннотированием



## Сигнализация

Signaling

Выделение **ключевой информации** направляет внимание и снижает нагрузку на поиск.

- ✓ **Цветовое кодирование** связанных элементов
- ✓ Стрелки, рамки, подчеркивания
- ✓ Вербальные маркеры: «важно», «ключевой момент»
- ✓ Прогрессивное раскрытие информации



## Алгоритм проектирования учебного материала

1

Декомпозиция содержания

≤ 4 элемента

2

Оценка внутренней нагрузки каждого элемента

3

Ранжирование по сложности

4

Проектирование последовательности

от простого к сложному

5

Выбор модальности

баланс визуального и аудиального

6

Устранение избыточных элементов

7

Добавление сигналов для ключевой информации

8

Планирование пауз для консолидации

1-2 минуты



ИНСТРУМЕНТАРИЙ

# Технологии и инструменты реализации

## Виртуальные лаборатории

### PhET

Интерактивные симуляции физических явлений от University of Colorado

Физика

### Algodoo

2D-физический движок для моделирования механики

Физика

### Labster

Виртуальные лаборатории с 3D-визуализацией

VR-лаборатории

## Интерактивные видео

### H5P

Создание интерактивного контента с вопросами

### Edpuzzle

Встраивание вопросов в видео с отслеживанием прогресса

## Визуализация кода

### Python Tutor

Пошаговая визуализация выполнения программ

✔ Отслеживание переменных

### Code.org

Блочное программирование с визуализацией

✔ Scaffolding для начинающих

## Создание презентаций

### PowerPoint / Prezi / Canva

Дизайн с учетом принципов CLT



## Диагностика понимания



Kahoot



Quizizz



Google Forms



# Педагогические нормы взаимодействия



## Коммуникативные нормы

### 🗣️ Темп речи

Оптимальная скорость

**120-140 сл/мин**

Более быстрый темп увеличивает нагрузку на аудиальный канал

### ⏸️ Паузы

После ключевой информации

**30-60 сек**

Время на консолидацию без новой информации

### ❓ Проверка понимания

Частота диагностики

**каждые 10-15 мин**



## Нормы организации деятельности

### 🎯 Монозадачность

Во время объяснения нового материала исключить параллельную деятельность:

- ❌ Запись под диктовку
- ❌ Работа с учебником

✅ Запись проводится **после** объяснения

### 👁️ Управление вниманием

**Явное указание** на объект: «смотрите на график», «обратите внимание на формулу»

### 📅 Предсказуемость

Структура урока должна быть **предсказуемой**.  
Неожиданные изменения требуют дополнительных ресурсов



## Нормы обратной связи

### 🕒 Своевременность

Обратная связь должна предоставляться **в момент выполнения** задания

✅ Корректировка схем до закрепления

### 🎯 Конкретность

Указание на **конкретную ошибку**, а не на общий результат

↓ Снижает нагрузку на поиск причины

### 😊 Позитивный фрейминг

Акцент на **правильных элементах** решения поддерживает мотивацию

ⓘ Тревожность — источник когнитивной нагрузки



ЗНАЧИМОСТЬ И ИННОВАЦИИ

# Научная и практическая значимость

## Научная значимость



### Интеграция наук

Данные когнитивной психологии в методику преподавания конкретных предметов



### Операционализируемая модель

Разработка практической модели проектирования урока на основе CLT



### Адаптация к российским реалиям

Применение международных исследований в контексте ФГОС и СанПиН



## Практическая значимость



### Конкретные инструменты

Инструменты для диагностики и снижения когнитивной перегрузки



### Непосредственное применение

Возможность использования рекомендаций в текущей педагогической практике



### Снижение утомляемости

Улучшение благополучия обучающихся при сохранении качества усвоения



## Инновационный характер

1

### Смещение фокуса

Традиционная методика концентрируется на **действиях учителя**; предлагаемый подход фокусируется на **процессах обработки информации в мозге** обучающегося.

2

### Нейропедагогическое обоснование

Рекомендации базируются не на педагогической интуиции, а на **данных нейронаук и когнитивной психологии**.

3

### Предметная спецификация

Принципы CLT адаптированы **конкретно для физики и информатики** с учетом их эпистемологических особенностей.

4

### Инструментальность

Предложены **конкретные алгоритмы, чек-листы и критерии**, а не только теоретические положения.

# Выводы и перспективы

## ✓ Ключевые выводы

- Когнитивная эргономика не противоречит ФГОС, а создает условия для их эффективной реализации
- Обучающийся, не перегруженный внешней информацией, способен к глубокому осмыслению
- Формируется **устойчивая учебная мотивация** и метапредметные компетенции

## 🧠 Перспективы развития

- 🧠 Интеграция нейронаук в педагогическую практику
- 🤖 Адаптивные образовательные системы с автоматической регулировкой сложности
- 👤 Формирование компетенции **«КОГНИТИВНЫЙ ДИЗАЙН обучения»**

“**Будущее образования** — в гармонии между технологическими возможностями и **биологическими ограничениями** когнитивной системы