Science for Education Today

2026. Том 16. № 5 http://sciforedu.ru ISSN 2658-6762

УДК 612.8+004.81+37.026+316.628
DOI: 10.15293/2658-6762.2605.09

Научная статья / Research Full Article
Язык статьи: русский / Article language: Russian

Динамика когнитивной вовлеченности студентов в образовательный процесс: оценка на основе анализа биометрических показателей при различных форматах учебной нагрузки

В. Г. Лизунков[1], С. В. Разумников[1], Е. В. Полицинская[1]

[1] Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия

Проблема и цель. *В статье рассматривается проблема снижения когнитивной вовлеченности студентов в образовательный процесс, что негативно отражается на формировании необходимых компетенций. Традиционные методы анализа (опросы, наблюдение) не позволяют получить объективную картину динамики когнитивного состояния в ходе занятия, что затрудняет научно обоснованное проектирование образовательного процесса. Цель исследования – выявление закономерностей динамики когнитивной вовлеченности студентов при различных форматах учебной деятельности на основе анализа биометрических показателей.*

Методология. *Исследование проводилось на базе ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» в период весеннего семестра 2025/26 учебного года. Проведен педагогический эксперимент с участием 120 студентов старших курсов. В качестве объективных индикаторов вовлеченности использовались непрерывно регистрируемые биометрические показатели: частота сердечных сокращений, насыщение крови кислородом и температура кожи. Для интегральной оценки рассчитывался взвешенный индекс вовлеченности. Применялись ANOVA, t-критерий Стьюдента, корреляционный анализ Пирсона.*

Результаты. *Авторы выявили статистически значимые различия физиологических реакций студентов в зависимости от формата учебной деятельности: практическое занятие вызывает максимальную вовлеченность (индекс 0,78), лекция – минимальную (0,42). Установлена циклическая динамика внимания в течение 90-минутного занятия с характерным спадом концентрации в середине пары. Доказано, что циклическая структура занятия предотвращает этот спад за счет чередования форматов работы.*

Экспериментально подтверждено, что внедрение циклической структуры занятия статистически значимо ($p < 0,001$) повышает интегральный индекс вовлеченности (до 0,76) и

Финансирование проекта: Исследование выполнено в рамках реализации гранта Российского научного фонда № 25-28-01654 по теме «Концептуализация теоретико-методологических оснований вовлеченности студентов в образовательный процесс вуза как фактор повышения качества инженерного образования». Номер для публикаций – https://rscf.ru/project/25-28-01654/

Библиографическая ссылка: Лизунков В. Г., Разумников С. В., Полицинская Е. В. Динамика когнитивной вовлеченности студентов в образовательный процесс: оценка на основе анализа биометрических показателей при различных форматах учебной нагрузки // Science for Education Today. – 2026. – Т. 16, № 5. – С. 183–204. DOI: http://dx.doi.org/10.15293/2658-6762.2605.09

Автор для корреспонденции: Е. В. Полицинская, katy031983@mail.ru

© В. Г. Лизунков, С. В. Разумников, Е. В. Полицинская, 2026

© 2011–2026 Science for Education Today **Все права защищены**

обеспечивает лучшее сохранение знаний. Студенты экспериментальной группы превзошли студентов контрольной группы на 27 баллов при проверке остаточных знаний через 14 дней.

Заключение. *Выявленные закономерности динамики когнитивной вовлеченности студентов при различных форматах учебной деятельности (лекция, практическое занятие, проектная работа) на основе анализа биометрических показателей создают научную основу для проектирования занятий, синхронизированных с естественными циклами работоспособности мозга. Предложенная структура занятия способствует переходу от пассивного восприятия информации к активной познавательной деятельности и формированию устойчивых знаний.*

Ключевые слова*: когнитивная вовлеченность; биометрические показатели; структура занятия; образовательный процесс.*

Постановка проблемы

Современная система высшего образования характеризуется снижением уровня вовлеченности студентов в образовательный процесс, что негативно отражается на качестве профессиональной подготовки и формировании необходимых компетенций [1]. Данная проблема приобретает особую значимость в контексте повышения требований работодателей к практическим навыкам выпускников и способности молодых специалистов к инновационному мышлению и инициативности [2].

Теоретический анализ научной литературы показывает, что проблема повышения студенческой вовлеченности находится в центре внимания отечественных и зарубежных исследователей на протяжении нескольких десятилетий. В своих работах A. W. Astin[1] определяет вовлеченность как совокупность временных ресурсов и умственных усилий, затрачиваемых студентами на приобретение академического опыта. E. T. Pascarella с соавт. [3] дополняют это понимание, показывая зависимость качества обучения и интеллектуального развития от восприятия студентами социальной среды учебного заведения [3]. H. Coates обосновал использование вовлеченности в качестве ключевого показателя качества высшего образования [4]. Зарубежные исследования подтверждают, что вовлеченность является сложным и многомерным понятием, требующим комплексного подхода к измерению.

В российских исследованиях проблема вовлеченности также активно разрабатывается. С. А. Буркова [5] на основе кластерного анализа данных 483 студентов регионального вуза выявила три уровня академической вовлеченности (высокий, умеренный, низкий) и установила отрицательную динамику вовлеченности у студентов старших курсов.

Н. В. Гарашкина и А. А. Дружинина определяют [6] когнитивную вовлеченность как сложную мыслительную деятельность, направленную на формирование смыслов и использование умений когнитивной саморегуляции, и обосновывают [7] ее как основу регулирования и проектирования учебного процесса.

Анализ современных исследований позволяет выделить несколько ключевых направлений в решении проблемы оценки и повышения уровня вовлеченности.

[1] Astin A. W. Student Involvement: A Developmental Theory for Higher Education // Journal of College Student Development. – 1984. – Vol. 40 (5). – P. 518–529. URL: https://www.researchgate.net/publication/220017441_Student_Involvement_A_Development_Theory_for_Higher_Education

© 2011–2026 Science for Education Today Все права защищены

Первое направление связано с внедрением активных методов обучения и персонализацией[2] [8–11]. S. Freeman с соавт. [8] продемонстрировали, что, применяя активные методы обучения, можно получить более высокие результаты на экзаменах в среднем на 0,47 стандартных отклонений, а также внедрение активных методов снижает процент академических неудач. А. Н. Семилетова [9] на основе проведенного сравнительного анализа показала, что студенты, вовлеченные в активные формы, становятся «более вовлеченными» (83 %) и «интеллектуально стимулированными» (85 %). Е. К. Лютова-Робертс и Г. Б. Монина [10] обосновали эффективность применения активных методов обучения в высших учебных заведениях на основе анализа опыта англоязычных стран. По мнению З. А. Шангареевой с соавт. [11], активные методы создают необходимые условия для формирования профессиональных знаний, умений и навыков у студентов вуза. Отдельную группу составляют исследования, посвященные учету индивидуальных когнитивных особенностей обучающихся [12; 13]. Так, исследования Sheng J. Song с соавт. [12] и D. Murad с соавт. [13] подтверждают, что персонализация обучения и индивидуальные образовательные траектории значительно повышают вовлеченность студентов.

Второе направление опирается на использовании физиологических индикаторов для объективной оценки вовлеченности. S. Ananthan с соавт.[3] указывают, что такие показатели, как электродермальная активность и межпульсовой интервал, позволяют отслеживать когнитивное и эмоциональное состояние студентов в реальном времени[4]. Исследования E. Fan с соавт. [14] продемонстрировали возможность использования показателей вариабельности сердечного ритма для объективного мониторинга динамики когнитивной нагрузки, зафиксировав характерные циклы ее снижения в середине учебного занятия [14]. Исследование N. Sazuka с соавт. [15] подтвердило, что снижение вариабельности сердечного ритма свидетельствует о падении эффективности обработки информации под воздействием когнитивной нагрузки, что объективно фиксирует наступление фазы умственного утомления [15]. В отечественной психофизиологии также исследуются факторы, определяющие функциональные состояния при умственной нагрузке [16–20]. Так, информативность показателей вариабельности сердечного ритма для мониторинга функционального состояния студентов при умственной нагрузке обоснована в работах Т. М. Николаевой, Е. К. Голубевой и Л. Л. Ярченковой [16]. Возможности спектрального анализа вариабельности сердечного ритма для диагностики фаз умственного утомления продемонстрированы в работе Д. Р. Баигужина и И. А. Сашенкова [20].

Третье направление затрагивает вопросы оптимального распределения учебного времени и структурирования занятий [21–23]. J. Firth [21] продемонстрировал, что сокращение длительности монологических блоков и немедленный переход к практике повышают эффективность усвоения за счет снижения интерференции в рабочей памяти [21]. Аналогичные выводы о поддержании когнитивного

[2] Каменева Г. А., Бондаренко Т. А. Педагогические условия активизации учебно-познавательной деятельности студентов в современных условиях информатизации образования // Вестник НГПУ. – 2018. – Т. 8, № 4. – С. 172-186. URL: https://elibrary.ru/xzilud DOI: https://doi.org/10.15293/2658-6762.1905.04

[3] Ananthan S., Gao N., Salim F. D. Understanding Physiological Responses of Students Over Different Courses // Proceedings of the 2024 ACM International Symposium on Wearable Computers (ISWC '24). – 2024. – P. 104-110. DOI: https://doi.org/10.1145/3675095.3676620

[4] Там же.

© 2011–2026 Science for Education Today Все права защищены

тонуса при интервальном обучении представлены D. Sweetman [22]. B. Tobin с соавт. [23] обосновывают эффективность структуры, предполагающей короткие паузы для обработки информации [23].

Четвертое направление связано с изучением отдельных механизмов, способствующих повышению вовлеченности [24–26]. Исследования I. Alkabbany с соавт. [26] показали, что практические занятия вызывают более высокий уровень эмоциональной и поведенческой вовлеченности по сравнению с лекциями.

Пятое направление связано с использованием игровых механизмов [5] [27–30]. S. Deterding[6] с соавт.и J. Hamari[7] с соавт. доказывают, что геймификация стимулирует внутреннюю мотивацию через систему обратной связи и достижений. Исследование M. Sailer с соавт. [27] подтверждает, что геймификация оказывает значимое положительное влияние на когнитивные и мотивационные результаты обучения. Т. Г. Волкова, И. О. Таланова [28] обосновали геймификацию как самостоятельный образовательный инструмент повышения вовлеченности, тогда как Н. В. Ломоносова с соавт.[8] [29] подтвердили ее высокую востребованность в высшей школе. При этом важно разграничивать внешнюю стимуляцию (баллы, достижения) и глубину усвоения. Исследование B. Chang подчеркивает, что именно включение элементов рефлексии позволяет трансформировать игровой интерес в устойчивые знания [30].

Несмотря на многообразие подходов, в существующих исследованиях сохраняется ряд значимых пробелов. Во-первых, большинство работ ограничивается качественным описанием поведения студентов и анализом анкет с их субъективными ответами, что не позволяет получить точную картину динамики когнитивного состояния. Во-вторых, практически отсутствуют исследования, использующие объективные физиологические индикаторы для оценки вовлеченности в реальном времени на протяжении всего занятия. В-третьих, недостаточно изучены вопросы о том, как именно различные форматы учебной деятельности влияют на физиологический отклик организма и какие структурные параметры занятия критически значимы для поддержания устойчивого внимания. В-четвертых, существующие модели структурирования занятий редко верифицируются с помощью объективных биометрических данных, что затрудняет их научное обоснование.

Таким образом, проблема исследования заключается в отсутствии объективных данных о закономерностях динамики когнитивной вовлеченности студентов в зависимости от формата и структуры занятия, что затрудняет научно обоснованное проектирование эффективных образовательных моделей.

[5] Соболева Е. В., Соколова А. Н., Исупова Н. И., Суворова Т. Н. Применение обучающих программ на игровых платформах для повышения эффективности образования // Вестник НГПУ. – 2017. – Т. 7, № 4. – С. 7-25. URL: https://www.elibrary.ru/zfrmwn DOI: https://doi.org/10.15293/2226-3365.1704.01

[6] Deterding S., Dixon D., Khaled R., Nacke L. From game design elements to gamefulness: defining gamification // Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference. – 2011. – P. 9-15. DOI: https://doi.org/10.1145/2181037.2181040

[7] Hamari J., Koivisto J., Sarsa H. Does gamification work? – A literature review of empirical studies on gamification // 47th Hawaii International Conference on System Sciences. – 2014. – P. 3025-3034. DOI: https://doi.org/10.1109/HICCS.2014.377

[8] Lomonosova N. V., Zolkina A. V. Digital learning resources: Enhancing efficiency within blended higher education // Novosibirsk State Pedagogical University Bulletin. – 2018. – Vol. 8 (6). – P. 121-137. URL: https://elibrary.ru/yrsgmp DOI: https://doi.org/10.15293/2226-3365.1806.08

© 2011–2026 Science for Education Today Все права защищены

Цель статьи – выявление закономерностей динамики когнитивной вовлеченности студентов при различных форматах учебной деятельности (лекция, практическое занятие, проектная работа) на основе анализа биометрических показателей.

Методология исследования

Исследование базировалось на комплексном методологическом подходе, интегрирующем системно-деятельностный и психофизиологический подходы.

Системно-деятельностный подход позволил рассматривать образовательный процесс как целостную систему, в которой структура занятия, методы обучения и вовлеченность студентов взаимосвязаны и определяют конечный результат. В основе данного подхода лежат труды Л. С. Выготского [9], А. Н. Леонтьева [10] и Д. Б. Эльконина [11], согласно которым личность развивается в процессе ведущей деятельности, а обучение должно быть ориентировано не столько на передачу готовых знаний, сколько на организацию активной учебно-познавательной деятельности самого студента. Следуя идеям П. Я. Гальперина [12] о поэтапном формировании умственных действий и Н. Ф. Талызиной [13] о системном анализе обучения, мы структурировали занятие таким образом, чтобы обеспечить переход студентов от внешних, предметных действий к внутренним, умственным операциям. Вовлеченность в данном контексте выступает ключевым показателем эффективности организации этой деятельности.

Психофизиологический подход обеспечил объективную основу для измерения вовлеченности через анализ физиологических реакций организма, коррелирующих с когнитивной активностью. Данный подход базируется на принципах единства психического и физиологического (И. П. Павлов[14], И. М. Сеченов[15]), согласно которым любые психические процессы (внимание, эмоции, мышление) сопровождаются объективно регистрируемыми изменениями в работе центральной нервной системы и вегетативных функций организма. Опираясь на данные когнитивной психологии и нейрофизиологии (например, работы Д. Канемана[16] о внимании и усилии), мы предположили, что уровень когнитивной нагрузки напрямую отражается в динамике вегетативных показателей.

Исследование проводилось на базе ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» в период весеннего семестра 2025/26 учебного года. Участники (N = 120) были случайным образом распределены на две группы: контрольную, обучавшуюся по традиционной лекционной схеме (90 минут), и экспериментальную, занимавшуюся по разработанной циклической модели.

В качестве индикаторов когнитивной и эмоциональной вовлеченности использовались биометрические показатели:

– частота сердечных сокращений (ЧСС);

[9] Выготский Л. С. Психология развития человека. – М.: Смысл; Эксмо, 2005.

[10] Леонтьев А. Н. Деятельность. Сознание. Личность. – М.: Политиздат, 1977. URL: https://elibrary.ru/ypteqm

[11] Эльконин Д. Б. Избранные психологические труды. – М.: Педагогика, 1989.

[12] Гальперин П. Я. Введение в психологию: Учебное пособие для вузов. – М.: Книжный дом «Университет», 2000.

[13] Талызина Н. Ф. Управление процессом усвоения знаний (психологические основы). – М.: Изд-во МГУ, 1984.

[14] Павлов И. П. Полное собрание сочинений. Том 3, книги 1-2. – М.-Л.: Изд-во АН СССР.

[15] Сеченов И. М. Рефлексы головного мозга. – М.: АСТ, 2014.

[16] Kahneman D. Attention and Effort. – Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1973.

© 2011–2026 Science for Education Today Все права защищены

– уровень насыщения крови кислородом (SpO_2);
– температура кожи (Temp).

Согласно современным данным психофизиологии, рост ЧСС и вариабельности сердечного ритма коррелирует с повышением когнитивной нагрузки и эмоциональной вовлеченности [16; 18; 20]. Это позволяет использовать специальные устройства для объективной оценки динамики внимания студентов в ходе различных форм учебной деятельности. Сбор данных осуществлялся непрерывно в течение семестра с помощью носимых браслетов здоровья, оснащенных соответствующими датчиками.

Участники были случайным образом распределены по трем типам занятий: лекции, практические занятия и проектная деятельность. В ходе эксперимента использовались браслеты здоровья с датчиками ЧСС, SpO_2 и температуры кожи.

Для каждого студента фиксировались биометрические показатели (ЧСС, SpO_2, температура кожи) на разных этапах занятия.

Каждый показатель приводится к единой шкале (например, от 0 до 1) с помощью z-преобразования или min-max нормализации:

$$Z = \frac{x-\mu}{\delta},$$

где x – значение показателя,
μ – среднее по группе,
σ – стандартное отклонение.

Каждой переменной присваивается весовой коэффициент (w_i), отражающий ее вклад в общий индекс.

Интегральный индекс вовлеченности для каждого студента рассчитывается как взвешенная сумма нормализованных показателей:

$$I = \sum_{i=1}^{n} w_i \cdot z_i ,$$

где n – количество биометрических показателей.

На основе анализа литературы и корреляционного анализа с результатами успеваемости были выбраны следующие веса:

– wHR (вес для ЧСС) = 0,45;
– wTemp (вес для температуры кожи) = 0,35;
– $wSpO_2$ (вес для SpO_2) = 0,20.

Полученные значения индекса варьировались в диапазоне, центрированном относительно нуля, где 0 соответствует состоянию полного покоя (минимальная вовлеченность), а 1 – состоянию максимальной физиологической активации.

Статистическая обработка проводилась в SPSS 26.0 и Python (SciPy). При уровне значимости $p < 0,05$ нормальность распределения подтверждена критерием Шапиро – Уилка ($p > 0,05$). Для сравнения форматов занятий использовался однофакторный ANOVA с критерием Тьюки и оценкой размера эффекта η^2. Сравнительный анализ контрольной и экспериментальной групп проводился с помощью t-критерия Стьюдента для независимых выборок с расчетом Cohen's d. Динамика показателей внутри занятия анализировалась t-критерием для зависимых выборок. Взаимосвязь вовлеченности и успеваемости оценивалась коэффициентом корреляции Пирсона (r)

В рамках педагогического эксперимента была реализована циклическая модель организации занятия продолжительностью 90 мин (рис.). Занятие строилось по принципу чередования двух модулей, каждый из которых включал три фазы: теоретический блок (15–20 мин), практический блок (15–20 мин) и рефлексивную паузу (5 мин). Теоретические сегменты ограничивались периодом максимальной концентрации внимания, после чего следовало немедленное применение знаний на практике. Между модулями вводилась структурированная рефлексия для осмысления

© 2011–2026 Science for Education Today Все права защищены

опыта. Для поддержания внешней мотивации использовались элементы геймификации (баллы за выполнение задач). Завершается занятие общей итоговой рефлексией.



Рис. Циклическая модель распределения времени занятия
Fig. Cyclic model of class structure time distribution

Результаты исследования

В ходе экспериментального исследования с участием 120 студентов старших курсов были получены данные, позволившие выявить статистически значимые различия в физиологических реакциях на различные форматы

© 2011–2026 Science for Education Today Все права защищены

учебной деятельности, установить характерные паттерны динамики вовлеченности в течение занятия, а также доказать эффективность циклической модели организации учебного времени. Основные количественные показатели представлены в таблицах 1–6.

1. Сравнительный анализ физиологических реакций на разные форматы учебной деятельности.

Анализ биометрических данных выявил статистически значимые различия в уровне физиологической активации студентов в зависимости от формата занятия (табл. 1 и 2).

Таблица 1

Средние биометрические показатели по типам учебной деятельности

Table 1

Average biometric indicators by type of educational activity

Тип занятия	ЧСС, уд./мин	SpO_2, %	Температура кожи, °C
Лекция	72,1 ± 4,3	98,2 ± 0,4	33,1 ± 0,3
Практическое занятие	88,4 ± 5,1	98,5 ± 0,3	33,8 ± 0,4
Проектная деятельность	80,3 ± 4,7	98,4 ± 0,3	33,5 ± 0,3

Установлено, что лекционный формат характеризуется минимальными показателями физиологической активности (ЧСС = 72,1 ± 4,3 уд./мин), что свидетельствует о низком уровне симпатической активации и преобладании состояния покоя. Практические занятия вызывают максимальный физиологический отклик (ЧСС = 88,4 ± 5,1 уд./мин, температура кожи = 33,8 ± 0,4 °C), отражающий активацию симпатической нервной системы, повышение концентрации внимания и эмоционального напряжения. Проектная деятельность занимает промежуточное положение (ЧСС = 80,3 ± 4,7 уд./мин, температура кожи = 33,5 ± 0,3 °C), фиксируя умеренную когнитивную нагрузку при отсутствии выраженного стресса.

Таблица 2

Результаты попарного сравнения форматов занятий по показателю ЧСС

Table 2

Results of pairwise comparison of lesson formats by heart rate

Сравниваемые форматы	Разница средних	t-критерий	p-уровень	Размер эффекта (Cohen’s d)
Лекция – Практика	-16,3	12,47	< 0,001	1,82
Лекция – Проект	-8,2	6,28	< 0,001	0,92
Практика – Проект	8,1	6,19	< 0,001	0,90

Различия между всеми тремя форматами являются статистически значимыми ($p < 0,001$). Наибольший размер эффекта зафиксирован при сравнении лекции и практического занятия ($d = 1,82$), что указывает на очень сильное влияние формата занятия на физиологическую активацию.

Интегральный индекс вовлеченности (I), рассчитанный как взвешенная сумма нормализованных биометрических показателей, позволил ранжировать форматы занятий по уровню вовлеченности (табл. 3).

© 2011–2026 Science for Education Today Все права защищены

Таблица 3

Сравнение вовлеченности (по интегральному индексу) между типами занятий

Table 3

Comparison of engagement (based on the integral index) between types of activities

Тип занятия	Интегральный индекс вовлеченности	95 % ДИ
Лекция	0,42 ± 0,08	[0,40; 0,44]
Практическое занятие	0,78 ± 0,09	[0,76; 0,80]
Проектная деятельность	0,65 ± 0,07	[0,63; 0,67]

Выявлена иерархия форматов по уровню вовлеченности: практическое занятие (0,78) > проектная деятельность (0,65) > лекция (0,42). Различия между всеми тремя форматами являются статистически значимыми ($p < 0,001$). Размер эффекта (η^2) составляет 0,71, что указывает на очень сильное влияние типа занятия на индекс вовлеченности.

2. Динамика вовлеченности в течение занятия: выявление циклического паттерна.

Анализ динамики биометрических показателей в рамках 90-минутного занятия позволил установить устойчивый паттерн изменений физиологической активности (табл. 4).

Таблица 4

Динамика биометрических показателей в течение занятия (90 минут)

Table 4

Dynamics of biometric indicators during the lesson (90 minutes)

Фаза занятия	ЧСС, уд./мин	SpO_2, %	Температура кожи, °C
Начало (0–15 мин)	85,2 ± 4,8	98,6 ± 0,3	33,9 ± 0,3
Середина (45–60 мин)	72,3 ± 5,2	98,2 ± 0,4	33,1 ± 0,4
Конец (75–90 мин)	82,1 ± 4,5	98,5 ± 0,3	33,6 ± 0,3

Выявлен характерный циклический паттерн динамики вовлеченности:

– пик активности фиксируется в начале занятия (ЧСС = 85,2 ± 4,8 уд./мин);
– спад активности наблюдается в середине занятия (ЧСС = 72,3 ± 5,2 уд./мин), совпадающий с периодом снижения внимания;
– новый подъем активности отмечается к концу занятия (ЧСС = 82,1 ± 4,5 уд./мин).

Для проверки статистической значимости различий между фазами занятия был использован t-критерий для зависимых выборок (табл. 5).

Таблица 5

Результаты попарного сравнения фаз занятия по показателю ЧСС (зависимые выборки)

Table 5

Results of pairwise comparison of lesson phases by heart rate (dependent samples)

Сравниваемые фазы	Разница средних	t-критерий	p-уровень	Размер эффекта (Cohen's d)
Начало – Середина	12,9	8,94	< 0,001	1,15
Середина – Конец	-9,8	6,79	< 0,001	0,88
Начало – Конец	3,1	2,15	0,034	0,28

© 2011–2026 Science for Education Today Все права защищены

Различия между показателями ЧСС на всех фазах занятия статистически значимы. Наибольший размер эффекта зафиксирован при сравнении начала и середины занятия (d = 1,15), что подтверждает наличие выраженного «спада» внимания в середине занятия. Сравнение начала и конца занятия показывает меньший, но все еще статистически значимый эффект (p = 0,034, d = 0,28), что указывает на частичное восстановление внимания к концу занятия.

3. Корреляционный анализ взаимосвязи вовлеченности и успеваемости.

Для проверки гипотезы о связи физиологической вовлеченности с когнитивными результатами был проведен корреляционный анализ Пирсона между интегральным индексом вовлеченности и результатами тестирования (табл. 6).

Таблица 6

Корреляционная матрица взаимосвязи биометрических показателей и результатов тестирования

Table 6

Correlation matrix of the relationship between biometric indicators and test results

Показатель	Индекс вовлеченности	Итоговый тест	Тест через 14 дней
Индекс вовлеченности	1,00	0,74*	0,69*
Итоговый тест	0,74*	1,00	0,82*
Тест через 14 дней	0,69*	0,82*	1,00

Примечание. * – p < 0,01.
Note. * – p < 0,01.

Выявлена сильная положительная корреляция между интегральным индексом вовлеченности и результатами итогового тестирования (r = 0,74, p < 0,01), а также с результатами теста через 14 дней (r = 0,69, p < 0,01). Коэффициент детерминации (R^2 = 0,55) показывает, что 55 % вариации в результатах тестирования может быть объяснено уровнем вовлеченности. Наиболее сильная корреляция зафиксирована между результатами итогового теста и теста через 14 дней (r = 0,82, p < 0,01), что указывает на высокую стабильность измерений.

4. Сравнительная эффективность циклической модели организации занятия.

Для проверки гипотезы о влиянии структуры занятия на уровень вовлеченности и качество усвоения материала был проведен сравнительный анализ контрольной и экспериментальной групп. Результаты представлены в таблице 7.

Таблица 7

Сравнительные результаты эксперимента

Table 7

Comparative experimental results

Показатель	Контрольная группа	Экспериментальная группа	Разница	t-критерий	p-уровень	Cohen's d
Интегральный индекс вовлеченности	0,45 ± 0,09	0,76 ± 0,08	+0,31	19,87	< 0,001	3,63
Результат итогового теста (из 100)	68,2 ± 8,4	85,1 ± 7,2	+16,9	11,78	< 0,001	2,15
Результат теста через 14 дней (из 100)	45,3 ± 9,1	72,4 ± 8,5				

© 2011–2026 Science for Education Today Все права защищены

Доказано, что применение циклической модели обеспечивает статистически значимое повышение интегрального индекса вовлеченности: с 0,45 ± 0,09 в контрольной группе до 0,76 ± 0,08 в экспериментальной ($p < 0,001$). Разница составляет 0,31 пункта, что соответствует приросту вовлеченности на 68,9 %. Размер эффекта ($d = 3,63$) является экстремально высоким, что свидетельствует о практической значимости полученных результатов.

Установлено, что повышение физиологической вовлеченности коррелирует с качеством усвоения материала. Студенты экспериментальной группы показали более высокие результаты итогового тестирования: 85,1 ± 7,2 балла против 68,2 ± 8,4 в контрольной группе ($p < 0,001$). Разница составляет 16,9 балла (прирост 24,8 %, $d = 2,15$).

Наиболее показательным результатом является динамика сохранения знаний. Через 14 дней разрыв между группами увеличился до 27,1 балла (72,4 ± 8,5 против 45,3 ± 9,1, $p < 0,001$, $d = 3,09$), что свидетельствует о более глубоком когнитивном усвоении и формировании устойчивых навыков в экспериментальной группе. Относительное снижение результатов в контрольной группе составило 33,6 % (с 68,2 до 45,3), в экспериментальной – только 14,9 % (с 85,1 до 72,4). Разница в сохранности знаний между группами составляет 60,0 % в пользу экспериментальной группы.

5. Анализ динамики вовлеченности по фазам занятия.

Для детального анализа влияния циклической модели на динамику вовлеченности было проведено сравнение показателей ЧСС на разных фазах занятия в контрольной и экспериментальной группах.

Таблица 8

Динамика ЧСС в контрольной и экспериментальной группах по фазам занятия

Table 8

Heart rate dynamics in control and experimental groups by lesson phases

Фаза занятия	Контрольная группа	Экспериментальная группа	t-критерий	p-уровень
Начало (0–15 мин)	84,8 ± 4,6	85,5 ± 4,9	0,82	0,412
Середина (45–60 мин)	71,9 ± 5,1	79,4 ± 4,3	8,73	< 0,001
Конец (75–90 мин)	74,2 ± 5,3	83,7 ± 4,1		

Установлено, что в начале занятия уровень активации в обеих группах сопоставим ($p = 0,412$). Однако в середине занятия в контрольной группе фиксируется значительное снижение ЧСС (на 12,9 уд./мин), тогда как в экспериментальной группе спад выражен значительно меньше (всего на 6,1 уд./мин). Различия между группами в середине занятия статистически значимы ($p < 0,001$). К концу занятия в экспериментальной группе наблюдается дальнейшее повышение ЧСС до 83,7 уд./мин, что лишь на 1,8 уд./мин ниже начального уровня, тогда как в контрольной группе ЧСС остается на низком уровне (74,2 уд./мин).

Эти данные подтверждают, что циклическая модель позволяет предотвратить спад внимания в середине занятия и поддерживать стабильно высокий уровень когнитивной вовлеченности на протяжении всего занятия.

6. Анализ вариабельности сердечного ритма (ВСР) как дополнительный показатель вовлеченности.

© 2011–2026 Science for Education Today Все права защищены

Для углубленного анализа динамики когнитивной вовлеченности был проведен анализ ВСР, отражающей активность вегетативной нервной системы. В качестве основного показателя ВСР использовался SDNN (стандартное отклонение интервалов R-R).

Таблица 9

Показатели вариабельности сердечного ритма (SDNN, мс) в разных форматах занятий

Table 9

Heart rate variability indices (SDNN, ms) in different lesson formats

Формат занятия	SDNN (начало)	SDNN (середина)	SDNN (конец)
Лекция	48,2 ± 6,3	35,4 ± 5,8	38,1 ± 5,9
Практическое занятие	52,4 ± 5,9	49,7 ± 6,1	51,2 ± 5,7
Циклическая модель	53,1 ± 6,2	50,4 ± 5,7	52,8 ± 5,4

Выявлено, что в лекционном формате наблюдается значительное снижение SDNN в середине занятия (с 48,2 до 35,4 мс), что указывает на сокращение когнитивной нагрузки и переход в состояние монотонии. В формате практического занятия значения SDNN остаются стабильно высокими на протяжении всего занятия. В циклической модели также фиксируется стабильный уровень ВСР, что подтверждает ее эффективность в поддержании устойчивой когнитивной активации.

Таким образом, полученные результаты убедительно доказывают, что внедрение циклической модели позволяет трансформировать образовательный процесс: студенты перестают быть пассивными потребителями информации и становятся активными субъектами обучения. Это создает благоприятную почву для развития критического мышления и профессиональных компетенций, что полностью отвечает запросам современной высшей школы.

Заключение

В соответствии с поставленной целью получены следующие результаты исследования.

1. Выявлены статистически значимые различия в физиологических реакциях студентов на разные форматы учебной деятельности.

Установлено, что наиболее высокий уровень когнитивной активации достигается при проведении практических занятий (интегральный индекс вовлеченности = 0,78), тогда как лекционный формат характеризуется минимальной физиологической реакцией (индекс = 0,42). Проектная деятельность занимает промежуточное положение (индекс = 0,65). Различия между тремя форматами статистически значимы ($p < 0,001$), размер эффекта ($\eta^2 = 0,71$) указывает на очень сильное влияние типа занятия на уровень вовлеченности. Полученные данные объективно подтверждают, что пассивное восприятие информации не обеспечивает условий для интенсивной познавательной деятельности, в то время как включение студентов в активную практическую деятельность стимулирует симпатическую нервную систему и способствует поддержанию устойчивого внимания.

2. Выявлена устойчивая динамическая закономерность изменения вовлеченности в течение 90-минутного занятия.

© 2011–2026 Science for Education Today Все права защищены

Анализ биометрических данных выявил характерную трехфазную динамику: пик активности в начале занятия (ЧСС = 85,2 уд./мин), значительный спад в середине (ЧСС = 72,3 уд./мин, d = 1,15) и частичное восстановление к концу занятия (ЧСС = 82,1 уд./мин, d = 0,28). Данный паттерн объективно подтверждает существование «мертвой зоны» внимания, приходящейся на 45–60-ю минуты занятия, что требует структурной коррекции образовательного процесса. Выявленная закономерность имеет фундаментальное значение для проектирования занятий, поскольку показывает, что традиционная лекционная форма не учитывает естественные циклы работоспособности мозга и приводит к неизбежному снижению когнитивной активности в середине занятия.

3. Доказана корреляционная связь между физиологической вовлеченностью и когнитивной успешностью студентов.

Коэффициент корреляции Пирсона между интегральным индексом вовлеченности и результатами итогового тестирования составил r = 0,74 (p < 0,01), с тестом через 14 дней – r = 0,69 (p < 0,01). Коэффициент детерминации (R^2 = 0,55) показывает, что 55 % вариации в результатах тестирования может быть объяснено уровнем вовлеченности. Это эмпирически подтверждает, что объективные биометрические показатели могут служить надежными индикаторами качества усвоения материала, а управление вовлеченностью через структурирование занятия является научно обоснованным путем повышения эффективности обучения.

4. Экспериментально подтверждена эффективность циклической модели организации занятия («Теория – Практика – Рефлексия») как инструмента поддержания устойчивой когнитивной активации.

Сравнительный анализ показал, что применение циклической модели обеспечивает статистически значимое повышение интегрального индекса вовлеченности: с 0,45 в контрольной группе до 0,76 в экспериментальной (p < 0,001, d = 3,63), что соответствует приросту на 68,9 %. Анализ динамики показателей на разных этапах занятия выявил, что в экспериментальной группе спад внимания в середине занятия выражен значительно слабее (снижение ЧСС на 6,1 уд./мин против 12,9 уд./мин в контрольной группе, p < 0,001). Это подтверждает, что предложенная модель позволяет поддерживать стабильно высокий уровень когнитивной активации на протяжении всего занятия.

5. Доказано, что циклическая модель способствует формированию устойчивых знаний и более глубокому когнитивному усвоению материала.

Студенты экспериментальной группы показали более высокие результаты итогового тестирования: 85,1 балла против 68,2 в контрольной группе (прирост 24,8 %, p < 0,001, d = 2,15). Наиболее показательным результатом является ретенция знаний через 14 дней: разрыв между группами увеличился до 27,1 балла (72,4 против 45,3, p < 0,001, d = 3,09). Относительное снижение результатов в контрольной группе составило 33,6 %, тогда как в экспериментальной – только 14,9 %, что в 2,3 раза меньше. Это свидетельствует о том, что применение теории на практике без длительного перерыва и последующая рефлексия запускают механизмы консолидации памяти, переводя информацию из кратковременного хранилища в долговременное.

© 2011–2026 Science for Education Today Все права защищены

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Bergdahl N., Bond M., Sjöberg J., Dougherty M., Oxley E. Unpacking student engagement in higher education learning analytics: a systematic review // International Journal of Educational Technology in Higher Education. – 2024. – Vol. 21. – P. 63. DOI: https://doi.org/10.1186/s41239-024-00493-y
2. Kozanitis A., Nenciovici L. Effect of active learning versus traditional lecturing on the learning achievement of college students in humanities and social sciences: a meta-analysis // Higher Education. – 2023. – Vol. 86. – P. 1377–1394. DOI: https://doi.org/10.1007/s10734-022-00977-8
3. Pascarella E. T., Seifert T. A., Blaich C. How Effective are the NSSE Benchmarks in Predicting Important Educational Outcomes? // Change: The Magazine of Higher Learning. – 2010. – Vol. 42 (1). – P. 16–22. DOI: https://doi.org/10.1080/00091380903449060
4. Coates H. The Value of Student Engagement for Higher Education Quality Assurance // Quality in Higher Education. – 2005. – Vol. 11 (1). – P. 25–36. DOI: https://doi.org/10.1080/13538320500074915
5. Буркова С. А. Студенческая вовлеченность в образовательный процесс вуза // Огарёв-online. – 2025. – Т. 13, № 3. – С. 248–259. URL: https://elibrary.ru/nchkgq DOI: https://doi.org/10.18384/2310-7219-2025-3-248-259
6. Гарашкина Н. В., Дружинина А. А. Когнитивная вовлеченность как основа проектирования учебного процесса в подготовке студентов педагогических направлений // Высшее образование в России. – 2023. – Т. 32, № 1. – С. 93-109. URL: https://elibrary.ru/jdktod DOI: https://doi.org/10.31992/0869-3617-2023-32-1-93-109
7. Дружинина А. А., Гарашкина Н. В. Особенности формирования ИИ-грамотности будущего педагога: оценка ценностно-этической рефлексии // Science for Education Today. – 2026. – Т. 16, № 3. – С. 145-166. URL: https://elibrary.ru/azrwbg DOI: https://doi.org/10.15293/2658-6762.2603.07
8. Freeman S., Eddy S. L., McDonough M., Smith M.K., Okoroafor N., Jordt H., Wenderoth M. P. Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics // Proceedings of the National Academy of Sciences. – 2014. – Vol. 111 (23). – P. 8410–8415. DOI: https://doi.org/10.1073/pnas.1319030111
9. Семилетова А. Н. Активное обучение: новый взгляд на преподавание в современном мире // Вестник практической психологии образования. – 2024. – Т. 21, № 4. – С. 152–164. URL: https://elibrary.ru/mllrnr DOI: https://doi.org/10.17759/bppe.2024210414
10. Лютова-Робертс Е. К., Монина Г. Б. Применение активных методов обучения в высших и средних учебных заведениях: анализ опыта англоязычных стран // Комплексные исследования детства. – 2021. – Т. 3, № 2. – С. 109–114. URL: https://elibrary.ru/wxpnyd DOI: https://doi.org/10.33910/2687-0223-2021-3-2-109-114
11. Шангареева З. А., Санникова А. В., Мананова А. Ф., Ларина А. В., Юсупова Р. Р., Шангареев Р. З. Применение активных методов в обучении студентов и ординаторов // Современные проблемы науки и образования. – 2024. – № 2. – С. 80. URL: https://elibrary.ru/lovvsr DOI: https://doi.org/10.17513/spno.33395
12. Song S. J., Tan K. H., Awang M. Generic Digital Equity Model in Education: Mobile-Assisted Personalized Learning (MAPL) Through e-Modules // Sustainability. – 2021. – Vol. 13 (19). – P. 11115. DOI: https://doi.org/10.3390/su131911115
13. Murad D. F., Heryadi Y., Isa S. M., Budiharto W. Personalization of Study Material Based on Predicted Final Grades Using Multi-Criteria User-Collaborative Filtering Recommender System //

© 2011–2026 Science for Education Today Все права защищены

Education and Information Technologies. – 2020. – Vol. 25 (6). – P. 5655–5668. DOI: https://doi.org/10.1007/s10639-020-10238-9

14. Fan E., Bower M., Siemon J. Comparing cognitive load during video versus traditional classroom instruction based on heart rate variability measures // Computers & Education. – 2026. – Vol. 241. – P. 105487. DOI: https://doi.org/10.1016/j.compedu.2025.105487
15. Sazuka N., Katsumata K., Komoriya Y., Oba T., Ohira H. Association of brain–autonomic activities and task accuracy under cognitive load: a pilot study using electroencephalogram, autonomic activity measurements, and arousal level estimated by machine learning // Frontiers in Human Neuroscience. – 2024. – Vol. 18. – P. 1272121. DOI: https://doi.org/10.3389/fnhum.2024.1272121
16. Николаева Т. М., Голубева Е. К., Ярченкова Л. Л. Влияние физической нагрузки на вариабельность сердечного ритма при умственной деятельности в зависимости от реактивности симпатических центров у студентов // Современные вопросы биомедицины. – 2024. – Т. 8, № 2. URL: https://elibrary.ru/bbrqda
17. Новикова И. И., Романенко С. П., Лобкис М. А., Ивлева Г. П., Зубцовская Н. А., Савченко О. А., Сорокина А. В. Функциональное состояние адаптационной системы школьников, обучающихся в условиях ограничения использования устройств мобильной связи // Science for Education Today. – 2020. – Т. 10, № 5. – С. 178-196. URL: https://www.elibrary.ru/gxlrgo DOI: https://doi.org/10.15293/2658-6762.2005.10
18. Байгужин П. А., Шибкова Д. З., Айзман Р. И. Факторы, влияющие на психофизиологические процессы восприятия информации в условиях информатизации образовательной среды // Science for Education Today. – 2019. – Т. 9, № 5. – С. 48-70. URL: https://elibrary.ru/voojcl DOI: https://doi.org/10.15293/2658-6762.1905.04
19. Шибкова Д. З., Байгужин П. А., Герасёв А. Д., Айзман Р. И. Влияние технологий цифрового обучения на функциональные и психофизиологические ответы организма: анализ литературы // Science for Education Today. – 2021. – Т. 11, № 3. – С. 125-141. URL: https://www.elibrary.ru/njgxxq DOI: https://doi.org/10.15293/2658-6762.2103.07
20. Байгужин П. А., Сашенков С. Л. Реактивность нервной системы студенток при когнитивной нагрузке на фоне умственного и физического утомления // Журнал медико-биологических исследований. – 2025. – Т. 13, № 1. – С. 5-16. URL: https://elibrary.ru/ttxbsc DOI: https://doi.org/10.37482/2687-1491-Z224
21. Firth J. Boosting Learning by Changing the Order and Timing of Classroom Tasks: Implications for Professional Practice // Journal of Education for Teaching. – 2021. – Vol. 47 (1). – P. 32–46. DOI: https://doi.org/10.1080/02607476.2020.1829965
22. Sweetman D. Making Virtual Learning Engaging and Interactive // FASEB bioAdvances. – 2021. – Vol. 3 (1). – P. 11–19. DOI: https://doi.org/10.1096/fba.2020-00084
23. Tobin B., Farren M., Crotty Y. Impacting teaching and learning through collaborative reflective practice // Educational Action Research. – 2025. – Vol. 33 (5). – P. 756-776. DOI: https://doi.org/10.1080/09650792.2024.2394933
24. Кохан Н. В., Тен В. Х., Пушкарева И. Ю. Социальная вовлеченность молодежи как проявление субъектной позиции: оценка ценности включения в социально значимую деятельность // Science for Education Today. – 2026. – Т. 16, № 2. – С. 97-120. URL: https://www.elibrary.ru/umizv DOI: https://doi.org/10.15293/2658-6762.2602.05
25. Mulyono H., Suryoputro G. The use of social media platform to promote authentic learning environment in higher education setting // Science for Education Today. – 2020. – Vol. 10 (2). – P. 105-123. URL: https://www.elibrary.ru/ogralp DOI: https://doi.org/10.15293/2658-6762.2002.07

© 2011–2026 Science for Education Today Все права защищены

26. Alkabbany I., Ali A. M., Foreman C. W., Tretter T. R., Hindy N. C., Farag A. A. An Experimental Platform for Real-Time Students Engagement Measurements from Video in STEM Classrooms // Sensors. – 2023. – Vol. 23 (3). – P. 1614. DOI: https://doi.org/10.3390/s23031614
27. Sailer M., Homner L. The Gamification of Learning: a Meta-analysis // Educational Psychology Review. – 2020. – Vol. 32. – P. 77–112. DOI: https://doi.org/10.1007/s10648-019-09498-w
28. Волкова Т. Г., Таланова И. О. Геймификация в образовании: проблемы и тенденции // Ярославский педагогический вестник. – 2022. – № 5. – С. 26–33. URL: https://elibrary.ru/hggytn DOI: https://doi.org/10.20323/1813-145X-2022-5-128-26-33
29. Золкина А. В., Ломоносова Н. В., Петрусевич Д. А. Оценка востребованности применения геймификации как инструмента повышения эффективности образовательного процесса // Science for Education Today. – 2020. – Т. 10, № 3. – С. 127–143. URL: https://elibrary.ru/tqwrio DOI: https://doi.org/10.15293/2658-6762.2003.07
30. Chang B. Reflection in learning // Online Learning. – 2019. – Vol. 23 (1). – P. 95–110. DOI: https://doi.org/10.24059/olj.v23i1.1447

Поступила: 02 июля 2026 Принята: 2 сентября 2026 Опубликована: 31 октября 2026

Заявленный вклад авторов:

Лизунков Владислав Геннадьевич: сбор эмпирического материала, выполнение статистических процедур, оформление текста статьи.
Разумников Сергей Викторович: сбор материалов, литературный обзор.
Полицинская Екатерина Викторовна: организация исследования, концепция и дизайн исследования, интерпретация результатов и общее руководство

Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

Информация о конфликте интересов:

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи

Информация об авторах

Лизунков Владислав Геннадьевич
кандидат педагогических наук, доцент,
доцент отделения цифровых технологий и безопасности,
Национальный исследовательский Томский политехнический университет
634050, г. Томск, проспект Ленина, д. 30, Россия.
ORCID ID: http://orcid.org/0000-0002-8826-4099
SPIN-код: 7418-8137
E-mail: vladeslave@rambler.ru

© 2011–2026 Science for Education Today Все права защищены

Разумников Сергей Викторович
кандидат технических наук
Доцент отделения цифровых технологий и безопасности,
Национальный исследовательский Томский политехнический университет
634050, г. Томск, проспект Ленина, д. 30, Россия.
ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-1417-498X
SPIN-код: 1166-6464
E-mail: razumnikov@tpu.ru

Полицинская Екатерина Викторовна
кандидат педагогических наук, доцент,
доцент отделения цифровых технологий и безопасности,
Национальный исследовательский Томский политехнический университет
634050, г. Томск, проспект Ленина, д. 30, Россия.
ORCID ID: http://orcid.org/0000-0002-8023-0505
SPIN-код: 7247-2843
E-mail: Katy031983@mail.ru

© 2011–2026 Science for Education Today Все права защищены

Science for Education Today

2026, vol. 16, issue 5 http://en.sciforedu.ru/ ISSN 2658-6762

DOI: 10.15293/2658-6762.2605.09 Research Full Article / Article language: Russian

Dynamics of students' cognitive engagement in the educational process: Assessment based on the analysis of biometric indicators under various formats of academic workload

Vladislav G. Lizunkov[1], Sergey V. Razumnikov[1], Ekaterina V. Politsinskaya [1]

[1] National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russian Federation

Abstract

Introduction. *The article addresses the problem of declining cognitive engagement among students in the educational process, which negatively affects the quality of professional preparation and the formation of required competencies. Traditional methods of analysis (surveys, observation) do not allow obtaining an objective picture of the dynamics of the cognitive state during a lesson, which complicates scientifically grounded design of the educational process. The purpose of this article is to identify patterns in the dynamics of students' cognitive engagement in various formats of educational activities based on the analysis of biometric indicators.*

Materials and Methods. *The study was conducted at the National Research Tomsk Polytechnic University during the spring semester of the 2025/2026 academic year (sample N=120). A pedagogical experiment (action research) was carried out with the participation of 120 senior students. Continuously recorded biometric parameters (heart rate, blood oxygen saturation, and skin temperature) were used as objective indicators of engagement. For integral assessment, a weighted engagement index was calculated. ANOVA, Student's t-test, and Pearson correlation analysis were applied.*

Results. *The authors identified statistically significant differences in students' physiological reactions depending on the format of educational activities: practical classes cause maximum activation (index 0.78), while lectures cause minimum activation (0.42). A cyclic dynamics of attention during a 90-minute lesson was established, with a characteristic drop in concentration in the middle of the class. It was proven that the cyclic structure of the lesson prevents this dip through the alternation of work formats. It was experimentally confirmed that the introduction of the cyclic lesson structure significantly*

Acknowledgments

The study was financially supported by the Russian Science Foundation. Project No. 25-28-01654 ("Conceptualizing the theoretical and methodological foundations of students' engagement in the university's educational process as a factor in improving the quality of engineering education"). https://rscf.ru/en/project/25-28-01654/

For citation

Lizunkov V. G., Razumnikov S. V., Politsinskaya E. V. Dynamics of students' cognitive engagement in the educational process: Assessment based on the analysis of biometric indicators under various formats of academic workload. *Science for Education Today*, 2026, vol. 16 (5), pp. 183–204. DOI: http://dx.doi.org/10.15293/2658-6762.2605.09

Corresponding Author: Ekaterina V. Politsinskaya, Katy031983@mail.ru

© Vladislav G. Lizunkov, Sergey V. Razumnikov, Ekaterina V. Politsinskaya, 2026

© 2011–2026 Science for Education Today **All rights reserved**

(p < 0.001) increases the integral engagement index (up to 0.76) and ensures better knowledge retention. Students in the experimental group outperformed students in the control group by 27 points when testing residual knowledge after 14-day period.

***Conclusions**. The identified patterns in the dynamics of students' cognitive engagement in various formats of educational activities (lecture, practical class, project work) based on the analysis of biometric indicators create a scientific basis for designing classes synchronized with the natural cycles of brain performance. The proposed lesson structure facilitates the transition from passive perception of information to active cognitive activities and the formation of sustainable knowledge.*

Keywords

Cognitive engagement; Biometric indicators; Lesson structure; Educational process.

REFERENCES

1. Bergdahl N., Bond M., Sjöberg J., Dougherty M., Oxley E. Unpacking student engagement in higher education learning analytics: A systematic review. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 2024, vol. 21, pp. 63. DOI: https://doi.org/10.1186/s41239-024-00493-y
2. Kozanitis A., Nenciovici L. Effect of active learning versus traditional lecturing on the learning achievement of college students in humanities and social sciences: A meta-analysis. *Higher Education*, 2023, vol. 86, pp. 1377-1394. DOI: https://doi.org/10.1007/s10734-022-00977-8
3. Pascarella E. T., Seifert T. A., Blaich C. How effective are the NSSE benchmarks in predicting important educational outcomes? *Change: The Magazine of Higher Learning*, 2010, vol. 42 (1), pp. 16-22. DOI: https://doi.org/10.1080/00091380903449060
4. Coates H. The value of student engagement for higher education quality assurance. *Quality in Higher Education*, 2005, vol. 11 (1), pp. 25-36. DOI: https://doi.org/10.1080/13538320500074915
5. Burkova S. A. Student engagement in the educational process at university. *Ogarev-online*, 2025, vol. 13 (3), pp. 248-259. (In Russian) URL: https://elibrary.ru/nchkgq DOI: https://doi.org/10.18384/2310-7219-2025-3-248-259
6. Garashkina N. V., Druzhinina A. A. Cognitive engagement involvement as a basis for designing the educational process in the preparation of students of pedagogical directions. *Higher Education in Russia*, 2023, vol. 32 (1), pp. 93-109. (In Russian) URL: https://elibrary.ru/jdktod DOI: https://doi.org/10.31992/0869-3617-2023-32-1-93-109
7. Druzhinina A. A., Garashkina N. V. Specifics of future teacher's AI literacy formation: Assessment of value-ethical reflection. *Science for Education Today*, 2026, vol. 16 (3), pp. 145-166. (In Russian) URL: https://elibrary.ru/azrwbg DOI: https://doi.org/10.15293/2658-6762.2603.07
8. Freeman S., Eddy S. L., McDonough M., Smith M. K., Okoroafor N., Jordt H., Wenderoth M. P. Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2014, vol. 111 (23), pp. 8410-8415. DOI: https://doi.org/10.1073/pnas.1319030111
9. Semiletova A. N. Active learning: A new perspective on teaching in the modern world. *Bulletin of Practical Psychology of Education*, 2024, vol. 21 (4), pp. 152-164. (In Russian) URL: https://elibrary.ru/mllrnr DOI: https://doi.org/10.17759/bppe.2024210414
10. Lyutova-Roberts E. K., Monina G. B. The use of active teaching methods in higher and secondary educational institutions: the experience of English-speaking countries. *Comprehensive Studies of Childhood*, 2021, vol. 3 (2), pp. 109-114. (In Russian) URL: https://elibrary.ru/wxpnyd DOI: https://doi.org/10.33910/2687-0223-2021-3-2-109-114

© 2011–2026 Science for Education Today All rights reserved

11. Shangareeva Z. A., Sannikova A. V., Mananova A. F., Larina A. V., Yusupova R. R., Shangareev R. Z. Application of active methods in training students and residents. *Modern Problems of Science and Education*, 2024, no. 2, pp. 80. (In Russian) URL: https://elibrary.ru/lovvsr DOI: https://doi.org/10.17513/spno.33395
12. Song S. J., Tan K. H., Awang M. Generic digital equity model in education: Mobile-assisted personalized learning (MAPL) through e-modules. *Sustainability*, 2021, vol. 13 (19), pp. 11115. DOI: https://doi.org/10.3390/su131911115
13. Murad D. F., Heryadi Y., Isa S. M., Budiharto W. Personalization of study material based on predicted final grades using multi-criteria user-collaborative filtering recommender system. *Education and Information Technologies*, 2020, vol. 25 (6), pp. 5655-5668. DOI: https://doi.org/10.1007/s10639-020-10238-9
14. Fan E., Bower M., Siemon J. Comparing cognitive load during video versus traditional classroom instruction based on heart rate variability measures. *Computers & Education*, 2026, vol. 241, pp. 105487. DOI: https://doi.org/10.1016/j.compedu.2025.105487
15. Sazuka N., Katsumata K., Komoriya Y., Oba T., Ohira H. Association of brain-autonomic activities and task accuracy under cognitive load: A pilot study using electroencephalogram, autonomic activity measurements, and arousal level estimated by machine learning. *Frontiers in Human Neuroscience*, 2024, vol. 18, pp. 1272121. DOI: https://doi.org/10.3389/fnhum.2024.1272121
16. Nikolaeva T. M., Golubeva E. K., Yarchenkova L. L. Effect of physical activity on heart rate variability during mental activity depending on the sensitivity of sympathetic centers in students. *Modern Issues in Biomedicine*, 2024, vol. 8 (2). (In Russian) URL: https://elibrary.ru/bbrqda
17. Novikova I. I., Romanenko S. P., Lobkis M. A., Ivleva G. P., Zubtsovskaya N. A., Savchenko O. A., Sorokina A. V. Functional state of schoolchildren's adaptation system in conditions of separation from mobile communication devices. *Science for Education Today*, 2020, vol. 10 (5), pp. 178-195. (In Russian) URL: https://www.elibrary.ru/gxlrgo DOI: https://doi.org/10.15293/2658-6762.2005.10
18. Baiguzhin P. A., Shibkova D. Z., Aizman R. I. Factors affecting psychophysiological processes of information perception within the context of education informatization. *Science for Education Today*, 2019, vol. 9 (5), pp. 48-70. (In Russian) URL: https://elibrary.ru/voojcl DOI: https://doi.org/10.15293/2658-6762.1905.04
19. Shibkova D. Z., Baiguzhin P. A., Gerasev A. D., Aizman R. I. The impact of digital learning technologies on functional and psychophysiological responses of the organism: An analytical literature review. *Science for Education Today*, 2021, vol. 11 (3), pp. 125-141. (In Russian) URL: https://www.elibrary.ru/njgxxq DOI: https://doi.org/10.15293/2658-6762.2103.07
20. Baiguzhin P. A., Sashenkov S. L. Reactivity of the nervous system in female students under cognitive load at mental and physical fatigue. *Journal of Medical and Biological Research*, 2025, vol. 13 (1), pp. 5-16. (In Russian) URL: https://elibrary.ru/ttxbsc DOI: https://doi.org/10.37482/2687-1491-Z224
21. Firth J. Boosting learning by changing the order and timing of classroom tasks: Implications for professional practice. *Journal of Education for Teaching*, 2021, vol. 47 (1), pp. 32-46. DOI: https://doi.org/10.1080/02607476.2020.1829965
22. Sweetman D. Making virtual learning engaging and interactive. *FASEB BioAdvances*, 2021, vol. 3 (1), pp. 11-19. DOI: https://doi.org/10.1096/fba.2020-00084
23. Tobin B., Farren M., Crotty Y. Impacting teaching and learning through collaborative reflective practice. *Educational Action Research*, 2025, vol. 33 (5), pp. 756-776. DOI: https://doi.org/10.1080/09650792.2024.2394933

© 2011–2026 Science for Education Today All rights reserved

24. Kochan N. V., Ten V. H., Pushkareva I. Y. Social engagement of youth as a manifestation of a subjective position: Evaluating the value of involvement in socially significant activities. *Science for Education Today*, 2026, vol. 16 (2), pp. 97-120. (In Russian) URL: https://www.elibrary.ru/umizv DOI: https://doi.org/10.15293/2658-6762.2602.05
25. Mulyono H., Suryoputro G. The use of social media platform to promote authentic learning environment in higher education setting. *Science for Education Today*, 2020, vol. 10 (2), pp. 105-123. URL: https://www.elibrary.ru/ogralp DOI: https://doi.org/10.15293/2658-6762.2002.07
26. Alkabbany I., Ali A. M., Foreman C. W., Tretter T. R., Hindy N. C., Farag A. A. An experimental platform for real-time students engagement measurements from video in STEM classrooms. *Sensors*, 2023, vol. 23 (3), pp. 1614. DOI: https://doi.org/10.3390/s23031614
27. Sailer M., Homner L. The gamification of learning: A meta-analysis. *Educational Psychology Review*, 2020, vol. 32, pp. 77-112. DOI: https://doi.org/10.1007/s10648-019-09498-w
28. Volkova T. G., Talanova I. O. Gamification: Problems and trends. *Yaroslavl Pedagogical Bulletin*, 2022, no. 5, pp. 26-33. (In Russian) URL: https://elibrary.ru/hggytn DOI: https://doi.org/10.20323/1813-145X-2022-5-128-26-33
29. Zolkina A. V., Lomonosova N. V., Petrusevich D. A. Gamification as a tool of enhancing teaching and learning effectiveness in higher education: Needs analysis. *Science for Education Today*, 2020, vol. 10 (3), pp. 127-143. (In Russian) URL: https://elibrary.ru/tqwrio DOI: https://doi.org/10.15293/2658-6762.2003.07
30. Chang B. Reflection in learning. *Online Learning*, 2019, vol. 23 (1), pp. 95-110. DOI: https://doi.org/10.24059/olj.v23i1.1447

Submitted: 02 July 2026 Accepted: 2 September 2026 Published: 31 October 2026

This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. (CC BY 4.0).

The authors' stated contribution:

Vladislav Gennadievich Lizunkov

Contribution of the co-author: collecting empirical material, performing statistical procedures, formatting the text of the article.

Sergey Viktorovich Razumnikov

Contribution of the co-author: collection of materials, literary review.

Ekaterina V. Politsinskaya

Contribution of the co-author: organization of the study, concept and design of the study, interpretation of the results and general guidance of the study.

All authors reviewed the results of the work and approved the final version of the manuscript.

© 2011–2026 Science for Education Today All rights reserved

Information about competitive interests:

The authors declare no apparent or potential conflicts of interest in connection with the publication of this article

Information about the Authors

Vladislav Gennadievich Lizunkov
Associate Professor,
Department of Digital Technologies and Security,
National Research Tomsk Polytechnic University,
634050, Tomsk, Lenina avenue, 30, Russian Federation.
ORCID ID: http://orcid.org/0000-0002-8826-4099
E-mail: vladeslave@rambler.ru

Sergey Viktorovich Razumnikov
Associate Professor,
Department of Digital Technologies and Security,
National Research Tomsk Polytechnic University,
634050, Tomsk, Lenina avenue, 30, Russian Federation.
ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-1417-498X
E-mail: razumnikov@tpu.ru

Ekaterina Viktorovna Politsinskaya
Associate Professor, Associate Professor,
Department of Digital Technologies and Security,
National Research Tomsk Polytechnic University,
634050, Tomsk, Lenina avenue, 30, Russian Federation.
ORCID ID: http://orcid.org/0000-0002-8023-0505
E-mail: katy031983@mail.ru

© 2011–2026 Science for Education Today All rights reserved