

УДК 378.016:001.8:62

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ДИАГНОСТИКИ ИНТЕРФЕРЕНЦИИ КОМПЕТЕНЦИЙ В ИНЖЕНЕРНОМ ОБРАЗОВАНИИ

Олимов К. Т., д-р пед. наук, профессор,

Алимов А. А., PhD, профессор

*Совместный Белорусско-Узбекский межотраслевой институт
прикладных технических квалификаций
Ташкент, Республика Узбекистан*

Аннотация. Статья посвящена разработке методологических основ диагностики интерференции компетенций в инженерном образовании. Представлена теоретическая основа феномена интерференции компетенций, выявлены четыре типа интерференции: функциональная, методологическая, последовательная и интерференция нагрузки. Предложена система диагностики, включающая когнитивные механизмы, поведенческие индикаторы и стратегии управления каждым типом интерференции. Разработана методология, интегрирующая теорию когнитивной нагрузки, теорию двойного кодирования и нейродидактические принципы для оптимизации процесса формирования компетенций.

Ключевые слова: интерференция компетенций, инженерное образование, диагностика, когнитивная нагрузка, компетентностный подход, нейродидактика.

Введение.

Современное инженерное образование сталкивается с беспрецедентными вызовами, требующими фундаментального переосмысления теорий обучения, педагогических практик и систем оценивания [1, с. 45]. Конвергенция искусственного интеллекта, информационного изобилия и быстро меняющихся компетентностных требований сделала традиционные образовательные рамки недостаточными для подготовки профессионалов, способных успешно функционировать в сложных, динамичных контекстах XXI века [2, с. 112].

Компетентностно-ориентированные образовательные инициативы во всем мире сталкиваются с паттернами интерференции, воз-

никающими при одновременном развитии множественных компетенций [3, с. 638]. Студенты часто испытывают путаницу между схожими концепциями, трудности в определении момента применения того или иного подхода к решению проблем, когнитивную перегрузку от одновременных требований и пробелы в предварительных знаниях, нарушающие продвинутое обучение [4, с. 75].

Целью данного исследования является разработка комплексной методологии диагностики интерференции компетенций, объясняющей типы взаимодействий между развивающимися компетенциями и предписывающей научно обоснованные стратегии минимизации негативных эффектов интерференции в инженерном образовании.

Теоретические основы диагностики интерференции компетенций.

Теория интерференции компетенций базируется на четырех теоретических традициях: компетентностном подходе к профессиональному образованию [3; 5], когнитивной психологии и нейронауке [6; 7], теории когнитивной нагрузки (Cognitive Load Theory) [8; 9] и теории двойного кодирования (Dual Coding Theory) [10; 11].

Теория когнитивной нагрузки объясняет ограничения рабочей памяти и оптимальный дизайн обучения [8]. Различают три типа когнитивной нагрузки: внутреннюю (*inherent complexity* нового контента), постороннюю (*extraneous*, вызванную неэффективным представлением информации) и релевантную (*germane*, направленную на построение схем) [9, с. 394].

Теория двойного кодирования описывает вербальный и визуальный каналы обработки информации [10]. Интеграция вербальных и визуальных репрезентаций повышает эффективность обучения, особенно в инженерных дисциплинах, требующих работы с техническими визуализациями, математическими моделями и схемами [11, с. 121].

Типология и диагностические характеристики интерференции компетенций.

Систематический анализ трудностей обучения в инженерном образовании позволил выявить четыре различных типа интерференции, объясняющих нелинейность развития компетенций и предсказуемые затруднения студентов (табл. 1).

Таблица 1 – Типы интерференции компетенций и их диагностические характеристики

Тип интерференции	Когнитивные механизмы	Поведенческие индикаторы	Стратегии управления
Функциональная интерференция	Конкуренция за ресурсы рабочей памяти; схожие паттерны активации вызывают путаницу	Смещение понятий из разных областей; ошибки типа переноса нотации (математические символы в программировании)	Временное разделение; явное обучение контрасту; практика дискриминации
Методологическая интерференция	Конкурирующие процедурные схемы; затруднения в выборе методологии	Непоследовательное применение методологий; затруднения с неструктурированными задачами	Явное обучение методологиям; метакогнитивная поддержка; интегрированные проекты
Последовательная интерференция	Отсутствующие базовые схемы препятствуют интеграции высокого уровня	Внезапное снижение успеваемости при накоплении материала; специфические типы ошибок	Строгая идентификация пререквизитов; диагностическое оценивание; своевременная коррекция
Интерференция нагрузки	Превышение ограничений емкости рабочей памяти; истощение мотивационных ресурсов	Снижение успеваемости по множественным дисциплинам; поверхностное вовлечение; проблемы управления временем	Балансировка нагрузки в учебном плане; распределенная практика; поддержка тайм-менеджмента

Функциональная интерференция проявляется через характерные паттерны ошибок: смешение нотации (использование математических символов в контексте программирования), неуместный перенос методов (применение численных алгоритмов там, где необходимы аналитические решения) и концептуальное смешение (некорректное комбинирование принципов из разных областей) [12, с. 31].

Методологическая интерференция проявляется как трудности в выборе подходящих методов решения проблем, непоследовательное применение методологии в аналогичных задачах и явные выражения неопределенности относительно способа мышления. Интервью со студентами выявили метакогнитивные затруднения:

«Я не знаю, когда нужно быть креативным, а когда точным», «Иногда я слишком много анализирую и не могу двигаться вперед в проектировании» [13, с. 219].

Последовательная интерференция производит характерные паттерны: внезапное снижение успеваемости при накоплении материала на недостаточных основаниях, специфические типы ошибок, указывающие на концептуальные пробелы, увеличение запросов помощи и фрустрированный аффект, неспособность прогрессировать несмотря на усилия [14, с. 460].

Методология диагностики интерференции компетенций.

Разработанная методология диагностики интерференции компетенций включает три уровня: макроуровень (уровень учебного плана), мезоуровень (уровень дисциплины) и микроуровень (уровень учебной задачи). Каждый уровень требует специфических диагностических инструментов и процедур [15, с. 365].

На макроуровне проводится картирование учебного плана с использованием двухмерной структуры (8 уровней таксономии × 4 типа компетенций), что позволяет выявить потенциальные точки возникновения функциональной и последовательной интерференции через анализ распределения нагрузки и секвенирования дисциплин [16].

На мезоуровне применяются методы когнитивной диагностики, включающие: анализ паттернов ошибок студентов для идентификации признаков интерференции; мониторинг времени выполнения задач (существенное увеличение может указывать на когнитивную перегрузку); анализ метакогнитивной осведомленности через саморефлективные протоколы; отслеживание запросов помощи и характера затруднений [17, с. 249].

На микроуровне диагностика основывается на детальном анализе процесса решения учебных задач с применением методов когнитивного моделирования и eye-tracking для выявления когнитивной нагрузки, точек когнитивного конфликта и паттернов обработки информации [18, с. 1].

Стратегии управления интерференцией.

Управление интерференцией основывается на интеграции принципов теории когнитивной нагрузки, теории двойного кодирования и нейродидактики. Для минимизации внутренней когнитивной нагрузки применяются стратегии чанкинга и скаффолдинга на ран-

них фазах обучения; для уменьшения посторонней нагрузки используется четкая организация материала и элиминация нерелевантной информации; для оптимизации релевантной нагрузки подбираются продуктивные трудности, соответствующие фазе развития [8; 9].

Применение принципов двойного кодирования предполагает предоставление избыточных вербальных и визуальных презентаций ключевых концепций на ранних фазах; создание интегрированных репрезентаций, явно связывающих вербальные и визуальные элементы; разработку абстрактных репрезентаций, трансцендирующих специфические модальности на поздних фазах [10; 11].

Нейродидактические принципы включают: распределенную практику с интервальным повторением для оптимизации консолидации; адекватный сон для консолидации памяти; эмоциональное вовлечение, использующее связь амигдалы и гиппокампа; управление стрессом для поддержания оптимального уровня активации; мультисенсорное кодирование с применением визуальных, аудиальных и кинестетических модальностей [19, с. 185].

Заключение.

Разработанная методология диагностики интерференции компетенций представляет существенный вклад в теорию и практику инженерного образования. Выявление четырех типов интерференции (функциональной, методологической, последовательной и интерференции нагрузки) с их когнитивными механизмами, поведенческими индикаторами и стратегиями управления обеспечивает комплексную основу для проектирования учебных программ, отбора педагогических стратегий и разработки систем оценивания.

Интеграция теории когнитивной нагрузки, теории двойного кодирования и нейродидактических принципов в единую методологическую рамку предоставляет научно обоснованное руководство для оптимизации процессов формирования компетенций на различных уровнях образовательной системы. Практическое применение разработанной методологии позволяет: повысить эффективность образовательного процесса за счет минимизации негативных эффектов интерференции; обеспечить индивидуализацию образовательных траекторий на основе диагностики специфических паттернов интерференции; оптимизировать когнитивную нагрузку через балансировку требований учебного плана.

Дальнейшие исследования должны быть направлены на эмпирическую валидацию диагностических инструментов, разработку автоматизированных систем мониторинга интерференции на основе анализа учебной аналитики и изучение культурно-специфических особенностей проявления интерференции компетенций в различных образовательных контекстах.

Список использованных источников

1. Брэнсфорд, Дж. Как люди учатся: мозг, разум, опыт и школа / Дж. Брэнсфорд, А. Л. Браун, Р. Р. Кокинг ; пер. с англ. – М. : Смысл, 2007. – 384 с.

2. Discipline-Based Education Research: Understanding and Improving Learning in Undergraduate Science and Engineering / National Research Council. – Washington : National Academies Press, 2012. – 282 p.

3. Competency-based medical education: theory to practice / J. R. Frank [et al.] // *Medical Teacher*. – 2010. – Vol. 32, № 8. – P. 638–645.

4. The boundary approach of competence: a constructivist aid for understanding and using the concept of competence / A. Stoof [et al.] // *Human Resource Development Review*. – 2002. – Vol. 1, № 3. – P. 345–365.

5. Mulder, M. Conceptions of professional competence / M. Mulder // *International handbook of research in professional and practice-based learning* / eds.: S. Billett, C. Harteis, H. Gruber. – Dordrecht : Springer, 2014. – P. 107–137.

6. Baddeley, A. Working memory: theories, models, and controversies / A. Baddeley // *Annual Review of Psychology*. – 2012. – Vol. 63. – P. 1–29.

7. Бандура, А. Теория социального научения / А. Бандура ; пер. с англ. – СПб. : Евразия, 2000. – 320 с.

8. Sweller, J. Cognitive Load Theory / J. Sweller, P. Ayres, S. Kalyuga. – New York : Springer, 2011. – 274 p.

9. Paas, F. Cognitive-load theory: Methods to manage working memory load in the learning of complex tasks / F. Paas, J. J. G. van Merriënboer // *Current Directions in Psychological Science*. – 2020. – Vol. 29, № 4. – P. 394–398.

10. Paivio, A. Mental representations: A dual coding approach / A. Paivio. – New York : Oxford University Press, 1986. – 322 p.

11. Mayer, R. E. Multimedia Learning / R. E. Mayer. – 3rd ed. – Cambridge : Cambridge University Press, 2021. – 478 p.

12. Олимов, К. Т. Обновление таксономии образовательных целей в контексте вызовов современного профессионального образования / К. Т. Олимов [и др.] // Образование и наука. – 2025. – Т. 27, № 7. – С. 9–32.
13. Chi, M. T. H. The ICAP framework: Linking cognitive engagement to active learning outcomes / M. T. H. Chi, R. Wylie // Educational Psychologist. – 2014. – Vol. 49, № 4. – P. 219–243.
14. Schraw, G. Assessing metacognitive awareness / G. Schraw, R. S. Dennison // Contemporary Educational Psychology. – 1994. – Vol. 19, № 4. – P. 460–475.
15. Westera, W. Competences in education: a confusion of tongues / W. Westera // Journal of Curriculum Studies. – 2001. – Vol. 33, № 1. – P. 75–88.
16. Шеппард, С. Д. Образование инженеров: проектирование для будущего профессии / С. Д. Шеппард [и др.] ; пер. с англ. – М. : Изд. дом ВШЭ, 2016. – 248 с.
17. Roediger, H. L. Test-enhanced learning: Taking memory tests improves long-term retention / H. L. Roediger, J. D. Karpicke // Psychological Science. – 2006. – Vol. 17, № 3. – P. 249–255.
18. Baddeley, A. The episodic buffer: a new component of working memory? / A. Baddeley // Trends in Cognitive Sciences. – 2000. – Vol. 4, № 11. – P. 417–423.
19. Jensen, E. Brain-based learning: The new paradigm of teaching / E. Jensen. – 2nd ed. – Thousand Oaks : Corwin Press, 2008. – 448 p.