

ПЕДАГОГИКА

УДК 378.1

Н.В. Гафурова, С.И. Осипова, И.В. Дубова, Р.В. Есин

ИНТЕГРАТИВНЫЙ РЕЗУЛЬТАТ ОБРАЗОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ ПРЕДМЕТНОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ ЕГО СОДЕРЖАНИЯ

Представлен мировой опыт решения задач по интеграции образования, показаны варианты оценки интегративного образовательного результата в процессе освоения дисциплин естественно-научного модуля. Теоретически обоснована возможность интеллектуального развития обучающегося на основе интегративных знаний и способов деятельности, предложена авторская методика оценки интегративного результата обучения на основе решения командного проектного задания.

Ключевые слова: интеграция в образовании; интегративный результат образования; дисциплинарная расчлененность; CDIO; естественно-научный модуль; STEAM-обучение; инженерная задача; проектная деятельность

Введение. Анализ тенденций в образовании позволяет отметить нарастание интеграционных процессов, проявляющихся через интеграцию разных уровней:

- интеграцию российской системы высшего образования в европейское образовательное пространство;
- интеграцию науки, производства, образования (технопарк – как форма интеграции);
- синтез научных знаний в условиях интеграционных процессов, предполагающий комплексно-системное рассмотрение проблем с использованием разных наук и профессионалов из разных научных областей.

Значимость интеграции, позволяющей синтезировать знания, способы мышления и деятельности для решения проблем, которые выходят за границы отдельных дисциплинарных средств, подчеркивают ученые Амстердамского института междисциплинарных исследований [1, 2]. Определены проблемы междисциплинарных исследований, к которым в первую очередь относятся проблемы фундаментального характера.

Международной тенденцией в рамках интегративных процессов является слияние университетов [3], причинами которого являются:

- ориентация на эффект масштабности [4];
- усиление государственного контроля в системе высшего образования [5];
- новая система финансовой поддержки университетов [6];
- оптимизация числа вузов в стране [7];
- интеграция с включением научно-исследовательских институтов [8].

Особый интерес в контексте повышения качества высшего образования имеет создание вузов мирового класса на базе американских университетов Гарвард и Массачусетский технологический институт с включением трех столичных вузов Финляндии в качестве школ [9]. Повышение статуса учебных заведений, переход их в статус университета, вероятно, является причиной слияний колледжей [10].

Представленные выше интегративные процессы, касающиеся слияния университетов, относятся к интеграции высшего уровня. Следующий уровень интеграции представляется интеграцией образования и промышленности (производства). В качестве примеров рассмотрены интеграция горного инженерного

образования в Университете Фучжоу с производством через участие предприятий на разных этапах организации, реализации и оценивания образовательного процесса [11], развитие предпринимательских и внутрипроизводственных качеств выпускников бакалавриата по направлению металлургии и металлостроения в университетах Зимбабве и Южной Африки [12]. Реализуемые в приведенных примерах схемы в России проявляются через сетевую форму взаимодействия.

Рассматривая роль образования в контексте обеспечения промышленного развития, S.Y. Tan отмечает разрыв между требованиями отрасли и качеством профессиональных компетенций выпускников и ставит проблему преодоления консервативности образования, определяя потребность в поиске новых образовательных моделей для современного этапа развития цивилизации [13]. Эта же мысль развивается в исследованиях D.J. Negt, определяющего необходимость глубокой интеграции знаний, методов и опыта из разных областей для формирования новых и расширения традиционных рамок возможностей для решения научных и общественных задач [14].

Анализируя проблемы наступающей 6-й технологической волны, P. Smertenko выделяет интегративные процессы при пересечении нано-, био-, информационных технологий и когнитивных наук (NBIC). Междисциплинарное образование с прогнозом на будущее с учетом конвергенции NBIC-технологий ориентировано на новые принципы производства энергии, основанные на «зеленых», «дешевых» и «энергосберегающих» технологиях, и позволит решать задачи устойчивого развития цивилизации [15].

Новый проект выращивания ведущих инженерных кадров (New Engineering Education Transformation, NEET) предлагает MIT (Массачусетский технологический институт) в рамках трансформации инженерного образования на основе применения кросс-интегрирования различных дисциплин учебного плана и высокого уровня студентоцентрированности [16].

Отдельный интерес представляет технология CLIL, развиваемая в исследованиях по интегративно-контекстному обучению иностранному языку для бакалавров инженерных направлений подготовки [17, 18]. В данном случае, с нашей точки зрения, осу-

ществляется интеграция в развитии предметных знаний, универсальной коммуникативной компетентности в условиях профессионального контекста.

Интеграция естественно-научных знаний с технологией, инженерией, творчеством и математикой проявляется в интегративном подходе STEAM, который формирует новые метаподходы и повышает успешность в обучении [19, 20]. Jг.J.H. Rolling приводит пример проектирования STEAM-программ, сравнивая сложность организации учебного плана с «управлением поездами на многоузловой железнодорожной станции» [21].

Проблема интеграции в образовании – развитие личностных и межличностных компетенций одновременно с формированием дисциплинарных компетенций в естественно-научной области – рассматривается в идеологии CDIO [1]. Сущность подхода CDIO состоит в проектировании образовательного процесса через проектирование и реализацию проектов разного уровня сложности, которые и позволяют формировать компетенции в деятельности. Примеры интегрированных инженерных проектов встречаются в многочисленных публикациях. Это интеграция математики, физики и химии в проектах школы инженерии в университете Тейлора в Малайзии [22], интеграция физики, теории управления и математики при разработке робота, играющего в гольф [23], интеграции математики, физики, механики и компьютерных наук в проектной деятельности программы инженерной физики в Королевском технологическом институте Швеции [24].

Работа над проектом моделирует решение инженерной задачи в командной деятельности студентов, у обучающихся в процессе решения проблем осуществляются интегративные когнитивные процессы [25]. Работа в проектах, по мнению J. Lundblad, L. Kari, S. Östlund, способствует выработке междисциплинарного стиля мышления [24]. Проектирование как метод обучения позволяет формировать интегральные естественно-научные знания и способы деятельности, что доказывает опыт Физико-технического института, реализующего образовательную программу в сетевой форме с корпорацией Intel. Выполнение реального проекта в течение всего периода обучения повышает мотивацию студентов и их ответственность за качество конечного продукта [26].

Проект может быть использован и как способ оценки интегративного результата обучения. Предметные компетенции могут формироваться в процессе решения студентами небольших заданий (проектов), но более значимые компетенции оцениваются как составляющие большого междисциплинарного проекта. Некоторые дисциплины могут представлять собой отдельный пролонгированный проект, который студенты выполняют начиная с третьего курса. Интересен опыт Университета прикладных наук Метрополия (Хельсинки), где оценка образовательных результатов по базовым дисциплинам математике и физике формируется по уровню их использования в профессионально ориентированных дисциплинах, таких как электротехника и автоматизация технологий [27].

В отечественной и зарубежной высшей школе методология проектного обучения студентов инженерных направлений отрабатывалась в течение многих десятилетий и на практике доказала свою эффективность как незаменимый элемент системы формирования профессиональных компетенций будущего инженера [28–30]. Регулярное выполнение проектно-технологических и исследовательских проектов нарастающей сложности, ориентированных на реальные и перспективные проблемы производства, является стержнем обучения, повышает мотивацию к обучению и личностную значимость [30].

Представленный выше опыт зарубежных вузов показывает значимость и актуальность проблемы формирования интегративного знания и способ его использования в решении инженерных задач в процессе обучения будущих инженеров. В то же время остается проблемой определение объекта интеграции в образовании в условиях предметной дифференциации его содержания в соответствии с учебным планом каждого направления подготовки; выявление целесообразных технологий формирования интегративного способа мышления; разработка диагностического аппарата измерения интегрированных образовательных результатов.

Данное исследование направлено на поиск ответов на поставленные вопросы. Предложена авторская методика оценки интегративного результата образования при освоении естественно-научного модуля, как части интегрированного учебного плана подготовки бакалавров металлургии в идеологии CDIO.

Материалы и методы. Методологической основой интеграции в образовании являются системный, гносеологический, синергетический и информационный подходы. В частности, интеграция использует системный подход и представляется как система систем более низкого уровня. В нашем случае модуль естественно-научных дисциплин – система более высокого порядка, чем каждая из дисциплин, представляющих системы научных знаний.

Гносеологический подход позволяет формировать многомерную картину мира через интеграцию – способ и процесс ее построения. Использование синергетического подхода в образовании способствует осознанию общности принципов самоорганизации разных макросистем (физических, биологических, химических, технологических, экономических, социальных) и изучению закономерностей их функционирования.

Объектами интеграции с точки зрения информационного и синергетического подходов выступают содержание образования, ориентированное на проблемы междисциплинарного характера; системы научных понятий, в том числе и смысловые универсалии (система, состояние, процесс, взаимодействие, развитие, результат и др.) в их диалектическом единстве; законы, теории, модели, идеи и другие продукты мыследеятельности, составляющие информационный базис науки и образования.

Эмпирическими методами были выбраны обобщение опыта, наблюдение, экспертный опрос, анкетирование, тестирование.

Результаты и обсуждение. Смягчение предметной дифференциации содержания профессионального образования возможно через модульное построение учебного плана, при котором содержание обучения нескольких предметных областей представляется в самостоятельных законченных комплексах. Модульное обучение рассматривает в качестве главной цели развитие самостоятельности обучающихся. В качестве принципов организации модульного обучения выделены: гибкость; динамичность; деятельность реализации обратной связи, осознанность перспективы [3, 31].

В образовательной программе «Металлургия CDIO», реализуемой в идеологии Всемирной инициативы CDIO (Всемирная инициатива CDIO. Стандарты: информационно-методическое издание / пер. с англ. и ред. А.И. Чучалина, Т.Р. Петровской, Е.Р. Кулюкиной. Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2011. 17 с.), в ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет» учебный план подготовки будущих инженеров спроектирован в модульной форме. Естественно-научный модуль включает математику, физику, химию. Командой модуля создаются условия интеграции через выделение общих идей, методов исследования, общности структур различных видов деятельности, общенаучных методов познания. Естественно-научный модуль пронизан интегративными связями: предусмотрены занятия и задания интегративного содержания с профессиональным контекстом. Так, в математике, задания в разделах линейной алгебры, дифференциального и интегрального исчисления интегрируются с разделами физики. При выполнении проектных заданий по физике и химии студенты подбирают функциональные зависимости физических и химических величин и на практике проверяют их адекватность.

Интеграция как одновременное развитие профессионала и личности реализуется в соответствии с компетентностным подходом и стандартами CDIO в технологии проектного обучения. На первом курсе естественно-научный модуль интегрирован в дисциплину «Проектная деятельность» через технологию STEAM. Практико-ориентированные инженерные задачи решаются в модуле «Инженерный кластер», конструирование и испытание изделий (транспортного устройства, метательного аппарата и т.д.) – в модуле «Инженерный старт». Работа выполняется и защищается в проектных командах.

Интегративный результат образования по естественно-научному модулю в ОП «Металлургия» CDIO определен в виде компетенции ОПК-1: способность решать задачи, относящиеся к профессиональной деятельности, применяя методы моделирования, математического анализа, естественно-научные и общинженерные знания. Компонентами данной компетенции являются:

- знания физических и химических законов, описывающих процессы, относящиеся к профессиональной деятельности; базовых понятий и методов математического анализа, используемых при решении задач, относящихся к профессиональной деятельности; методов моделирования соответствующих процессов;

- умения осуществлять обоснованный выбор математического, физического и химического аппарата для исследования и анализа объектов, описанных в задачах, относящихся к профессиональной деятельности; формализовать задачи и процессы, составлять модели веществ, состояний и процессов; строить модели процессов, описанных в задачах, относящихся к профессиональной деятельности; обозначать область применения разработанных моделей;

- способность использовать аппарат естественно-научных дисциплин для решения инженерных задач; анализировать расчеты и представлять результаты моделирования процессов, относящихся к профессиональной деятельности.

В идеологии CDIO результат обучения в виде компетенции ОПК-1 согласован с набором Syllabus CDIO: 1.1 – освоение базовых знаний; 2.1 – развитие способности обосновывать и решать проблемы, осуществлять информационный поиск; 2.2 – формулировать и проверять гипотезы, проводить экспериментальные исследования; 2.3 – развитие системного мышления; 3.1 – способности к коммуникации; 3.2 – работа в команде.

Интегрированный экзамен по естественно-научному модулю позволяет провести промежуточный контроль формирования и развития компетенции через оценку уровня освоения дисциплинарных знаний, личностных и межличностных компетенций, в соответствии с требованиями 7, 8, 11 стандартов CDIO.

Новое содержание интегрированного экзамена определяет новую методику его проведения. Для организации и проведения интегрированного экзамена выбраны комплекты практико-ориентированных STEAM-задач из модуля «Инженерный кластер» (транспортный дирижабль, крылатая ракета, подводная буровая платформа, атмосферный зонд), которые построены в интегративном аспекте. Решение предполагает использование теорий физики, химии и математики. Пример одной из задач представлен ниже.

Задача о транспортном дирижабле

Дирижабль с рабочей высотой порядка 20 километров может использоваться в качестве более дешевой замены спутников связи или как транспортное средство. Транспортному дирижаблю нужны двигатели и запас топлива для горизонтальных перемещений. В стратосфере дуют постоянные сильные ветры, поэтому задача поддержания заданного курса также весьма важна, для чего используется средство навигации и двигатели корректировки курса. В качестве газа-наполнителя транспортного дирижабля используется гелий. Необходимо сконструировать модель транспортного дирижабля при условии существующих ограничений на массу полезной нагрузки, полетную высоту дирижабля, время автономной работы без дозаправки и скорость движения относительно земли.

При решении данных задач студентам необходимо комплексно посмотреть на проблему и применить теории всех дисциплин естественно-научного модуля. Процесс формирования итоговой оценки за модуль

графически представлен на рис. 1. Оценка включает сумму баллов за текущую аттестацию по дисциплинам (60 баллов) и баллы за экзамен (40 баллов).

Экзамен проводится с открытым заданием и сопровождается консультациями преподавателей моду-

ля. Решение задач осуществляется в малых группах (3 человека). Защита проводится в формате презентации полученного решения и представления письменного отчета. Критерии оценивания защиты интегрированного экзамена представлены в табл. 1, 2.

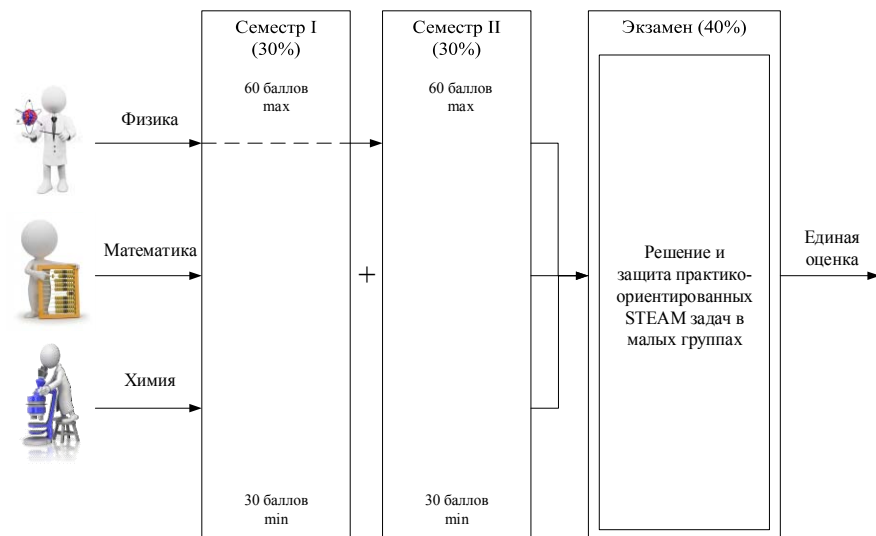


Рис. 1. Оценка по естественно-научному модулю

Т а б л и ц а 1

Шкала оценивания презентации и ответов на вопросы при защите STEAM-задач

Критерии	Баллы (max 15)
Постановка цели и обоснование проблемы	0–2
Соответствие и целесообразность выбора способов действия для достижения цели	0–1
Способность использовать междисциплинарные естественно-научные знания	0–3
Качество презентации (дизайн и наглядность презентационных материалов)	0–2
Качество доклада (структурированность представления материала, глубина проработанности проблемы, аргументированность и убедительность выступления)	0–2
Ответы на вопросы	0–5

Т а б л и ц а 2

Шкала оценивания решения STEAM-задач

Критерии	Баллы (max 25)
<i>Анализ междисциплинарных связей:</i>	
Обозначена последовательность этапов решения практико-ориентированных задач, исходя из междисциплинарных связей	1–3
Выделены основные зависимые и независимые параметры в ходе формализации условия STEAM-задач	1–3
Обоснована целесообразность использования междисциплинарных знаний при решении STEAM-задач	1–3
Произведена оценка возможностей альтернативного решения STEAM-задач	1–3
Проанализированы и интерпретированы результаты расчетов	1–4
<i>Анализ решения в предметной области (по 1 баллу за каждую дисциплину естественно-научного модуля):</i>	
Обоснованы этапы решения практико-ориентированной задачи	1–3
Построены модели процессов, описанных в условиях практико-ориентированной задачи	1–3
Представлено решение STEAM-задач с использованием аппарата дисциплин естественно-научного модуля	1–3

Экспериментальная апробация интегрированного экзамена была реализована на примере промежуточного контроля по дисциплине «химия» в конце первого семестра для двух групп первого курса (45 человек). Экзамен проводился в проектной технологии, и интегративный результат проверялся через защиту проекта. Организация экзамена и формат оценки показали высокий уровень студентоцентрированности, что прослеживается в анализе мнений студентов о формате экзамена (рис. 2).

Из рис. 2 видно, что подавляющее большинство студентов отмечают такой формат интегрированного экзамена, как более интересный (более 90%), мотивирую-

щий и повышающий эффективность обучения (более 80%), позволяющий объективнее и справедливее оценить достигнутые результаты обучения (40–60%).

Присутствие в качестве внешних экспертов преподавателей металлургических и гуманитарных дисциплин также повысило значимость и объективность оценки. Экспертами такой экзамен был отмечен как удачный эксперимент и предложено внести его в банк успешных образовательных практик.

Работа на интегративный результат с использованием проектных технологий в течение семестра и проведение интегрированного экзамена, на наш взгляд, повлияли на мотивацию студентов к освое-

нию дисциплин естественно-научного модуля, интерес к инженерному образованию в целом, что было нами проверено с применением «Шкалы академической мотивации» [32]. Было дважды проведено анкетирование 45 студентов первого курса направления подготовки «Металлургия CDIO» ФГАОУ СФУ: в начале первого учебного семестра и после его окончания. Данная шкала позволяет проверить семь ти-

пов мотивации: по три на внутреннюю и внешнюю мотивации, а также уровень амотивации (АМ). К внутренней мотивации относят мотивы познания (ПМ), достижения (МД) и саморазвития (МСа), к внешней – интроецированную мотивацию (ИМ), экстернальную (ЭМ) и мотивацию самоуважения (МСу). Усредненные профили для каждой шкалы академической мотивации показаны на рис. 3.

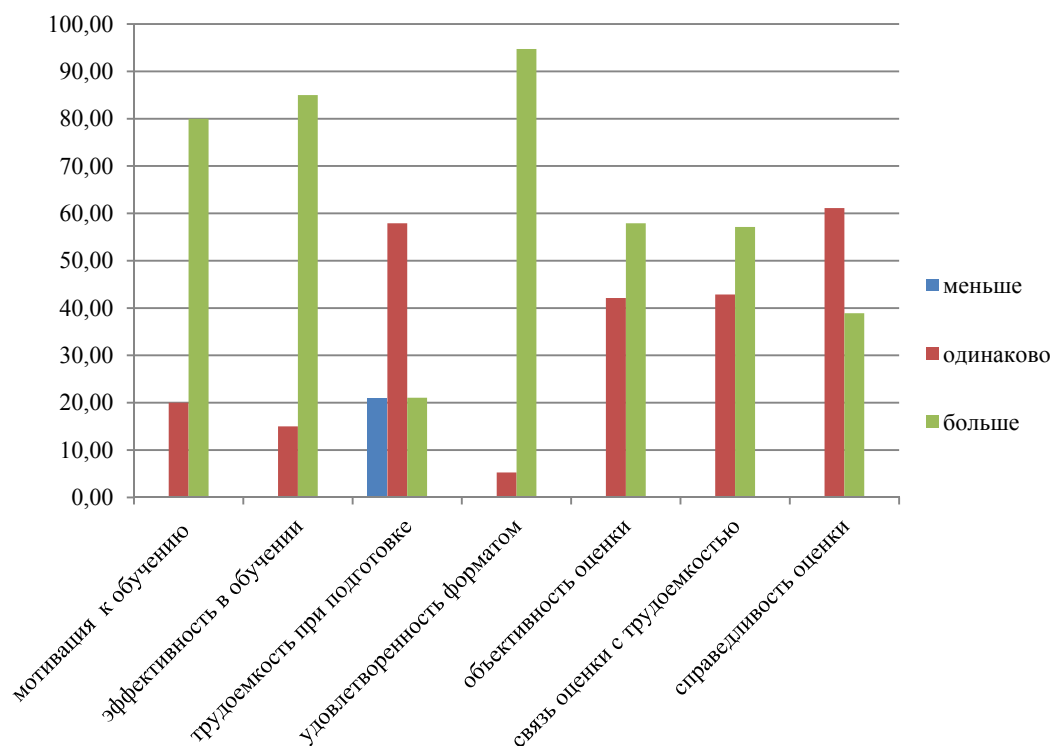


Рис. 2. Результаты анализа отношения студентов к интегрированному экзамену

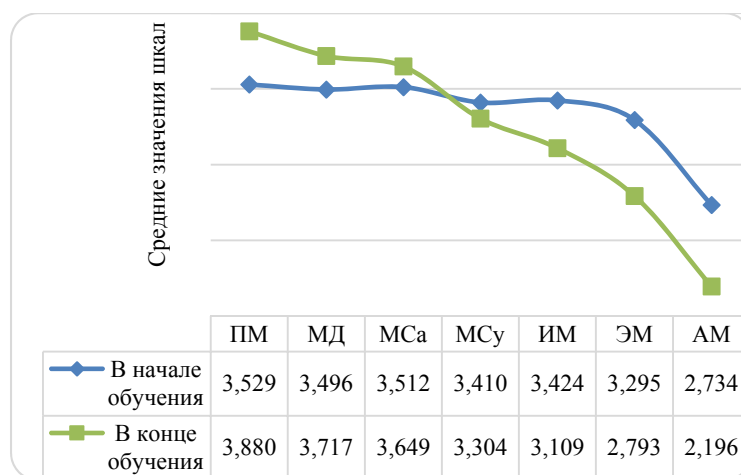


Рис. 3. Профиль академической мотивации студентов первого курса ОП «Металлургия» CDIO

Анализ данных показал положительное изменение в мотивации познания (МП), достижения (МД) и саморазвития (МСа), а также снижение амотивации (АМ) по сравнению с началом обучения. Такое изменение, на наш взгляд, может быть результатом интегрированного подхода к обучению.

Заключение. В результате исследования определен объект интеграции в условиях предметной дифференциации как содержание образования, использующее проблемы междисциплинарного характера и системы научных понятий. Предложены примеры инженерных задач-проектов для оценивания интегра-

тивного образовательного результата. Обоснована целесообразность использования проектного подхода для формирования интегративного результата в инженерном образовании. Предложена авторская мето-

дика оценки интегративного результата образования по естественно-научному модулю. Отмечено влияние интеграции в образовательном процессе на результативность и мотивацию студентов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Kans M., Gustafsson Å. Analyzing the meaning of interdisciplinary in the CDIO context // *Proceedings of the 12th International CDIO Conference*. Turku : Turku University of Applied Sciences, 2016. P. 962–973. URL: <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:933139/FULLTEXT01.pdf>
2. Renate G. Klaassen Interdisciplinary education: a case study // *European Journal of Engineering Education*. 2018. P. 19. DOI: 10.1080/03043797.2018.1442417
3. Двумичанская Н.Н., Фадеев Г.Н. Бакалавриат в техническом университете: проблемы и пути их решения // *Высшее образование в России*. 2018. Т. 27, № 3. С. 96–103. URL: <https://vovr.elpub.ru/jour/article/view/1317/1096>
4. Middlehurst R., Teixeira P.N. Governance within the EHEA: dynamic trends, common challenges, and national particularities // *European higher education at the crossroads*, Springer, Dordrecht. 2012. P. 527–551. DOI: 10.1007/978-94-007-3937-6_29
5. Harman K., Meek V.L. Introduction to special issue: Merger revisited: international perspectives on mergers in higher education // *Higher Education*. 2002. Vol. 44, № 1. P. 1–4. DOI: 10.1023/A:1014929121367
6. Wang X.A. A policy analysis of the financing of higher education in China: Two decades reviewed // *Journal of Higher Education Policy and Management*. 2002. Vol. 23, № 2. P. 205–217. DOI: 10.1080/13600800120088698
7. Harman G. Institutional amalgamations and abolition of the binary system in Australia under John Dawkins // *Higher Education Quarterly*. 1991. Vol. 45, № 2. P. 176–198. DOI: 10.1111/j.1468-2273.1991.tb01566.x
8. Pinheiro R., Stensaker B. Designing the entrepreneurial university: The interpretation of a global idea // *Public Organization Review*. 2014. Vol. 14, № 4. P. 497–516. DOI: 10.1007/s11115-013-0241-z
9. Ursin J., Aittola H., Henderson C., Välimaa J. Is education getting lost in university mergers? // *Tertiary Education and Management*. 2010. Vol. 16, № 4. P. 327–340. DOI: 10.1080/13583883.2010.533379
10. Kyvik S., Stensaker B. Factors Affecting the Decision to Merge: The case of strategic mergers in Norwegian higher education // *Tertiary Education and Management*. 2013. Vol. 19, № 4. P. 323–337. DOI: 10.1080/13583883.2013.805424
11. Yin W. et al. Zijin Mode: Industry and Education Deep Integration in Mining Engineering // *International Journal of Georesources and Environment-IJGE*. 2018. Vol. 4, № 3. P. 64–68. DOI: 10.15273/ijge.2018.03.011
12. Matinde E. Enhancing the Entrepreneurial and Intrapreneurial Attributes of Engineering Graduates: A Review Proposal for Metallurgy and Materials Engineering Undergraduate Curricula at Two African Universities // *Education Sciences*. 2019. Vol. 9, № 1. P. 4. DOI: 10.3390/educsci9010004
13. Tan S.Y. et al. Rethinking Our Education to Face the New Industry Era // *Proceedings of EDULEARN18 Conference*, Palma, Mallorca, Spain. 2018. P. 6562–6571. URL: https://www.researchgate.net/profile/Sin_Ying_Tan2/publication/326713638_RETHINKING_OUR_EDUCATION_TO_FACE_THE_NEW_INDUSTRY_ERA/links/5b912a7392851c6b7ecb40fa/RETHINKING-OUR-EDUCATION-TO-FACE-THE-NEW-INDUSTRY-ERA.pdf
14. Herr D.J.C. et al. Convergence education an international perspective // *Journal of Nanoparticle Research*. 2019. Vol. 21, № 11. P. 229. DOI: 10.1007/s11051-019-4638-7
15. Smertenko P., Dimitriev O., Pochekailova L. Technological transformations and their implications for higher education // *Sustainable Futures for Higher Education*. 2018. P. 67–75. DOI: 10.1007/978-3-319-96035-7_8
16. Liu X., Liu C. Research on the Teaching Reform of the NEET-oriented Engineering Training // *2019 International Conference on Advanced Education and Social Science Research (ICAESSR 2019)*. Atlantis Press, 2019. URL: <https://download.atlantispress.com/article/125917386.pdf>
17. De la Barra E., Veloso S., Maluenda L. Integrating assessment in a CLIL-based approach for second-year university students // *Profile: Issues in Teachers' Professional Development*. 2018. Vol. 20 (2). P. 111–126. DOI: 10.15446/profile.v20n2.66515
18. Morgado M., Gaspar M., Régio M. Interdisciplinarity and collaboration in higher education engineering courses // *Journal of Education Culture and Society*. 2018. Vol. 9, № 2. P. 179–186. DOI: 10.15503/jecs20182.179.186
19. Thibaut L., Ceuppens S., De Loof H. et al. Integrated STEM education: A systematic review of instructional practices in secondary education // *European Journal of STEM Education*. 2018. Vol. 3, № 1. P. 2. DOI: 10.20897/ejsteme/85525
20. Arnavtov A., Gafurova N., Fedoseev A., Fadeev Y. Fostering Engineering Thinking with Curriculum Integrated STEM Game // *Proceedings of the 13th International CDIO Conference*. 2013. DOI: 10.11575/PRISM/10230
21. Rolling Jr.J.H. STEAM locomotion // *Art Education*. 2016. Vol. 69, № 6. P. 4. DOI: 10.1080/00043125.2016.1224811
22. Al-Atabi M. Incubating CDIO skills at pre-degree level // *Proceedings of the 8th International CDIO Conference*. 2012. P. 4. URL: http://www.webmail.orbiter.cdio.org/files/document/file/incubating_cdio_skills_at_the_pre-degree_level_.pdf
23. Enqvist M. et al. The CDIO Initiative from an automatic control project course perspective // *IFAC Proceedings Volumes*. 2005. Vol. 38, № 1. P. 67–72. URL: <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:316722/FULLTEXT01.pdf>
24. Lundblad J., Kari L., Östlund S. Integrating CDIO experiences into a new program environment // *3rd International CDIO Conference*. MIT, USA, 2007. URL: <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:468467/FULLTEXT01.pdf>
25. Dale S.G. et al. Towards a more methodical approach to teaching senior chemistry // *Teaching Science*. 2018. Vol. 64, № 3. P. 21. URL: <https://search.informit.com.au/documentSummary;dn=841513638503888;res=IELHSS>
26. Rechistov G., Plotkin A. Computer engineering educational projects of mipt-intel laboratory in the context of cdio // *Proceedings of the 10th International CDIO Conference*. 2014. URL: http://rocketship.cdio.org/files/document/cdio2014/44/44_Paper.pdf
27. Valmu H. et al. Optimizing the project based student paths in Helsinki Metropolia UAS // *Proceedings of the 10th International CDIO Conference*. Barcelona, Spain, 2014. URL: http://jrez.cdio.org/files/document/cdio2014/22/22_Paper.pdf
28. Genc B., Mitra R. Mine Planning and Design for Mining Engineering learners at Wits University // *The Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy*. 2018. P. 865–868.
29. Yu-Chiung Hsu, Ya-Ming Shiu. Exploring the Influence of Using Collaborative Tools on the Community of Inquiry in an Interdisciplinary Project-Based Learning Context // *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*. 2018. Vol. 14. P. 933–945. DOI: 10.12973/ejmste/81149
30. Дубова И.В., Саначева Г.С., Осипова С.И. Роль взаимодействия вуз–производство в организации проектного обучения при подготовке инженеров // *Черные металлы*. 2019. № 8. С. 72–78.
31. Купавцев А.В. Тематические кластеры в образовании // *Высшее образование в России*. 2018. Т. 27, № 11. С. 85–89. DOI: 10.31992/0869-3617-2018-27-11-85-89
32. Гордеева О., Сычев О.А., Осин Е.Н. Опросник «Шкалы академической мотивации» // *Психологический журнал*. 2014. Т. 35, № 4. С. 96–107. URL: https://www.researchgate.net/profile/Evgeny_Osin/publication/287265976_Academic_motivation_scales_questionnaire/links/567883fe08ae502c99d57360/Academic-motivation-scales-questionnaire.pdf

Статья представлена научной редакцией «Педагогика» 10 августа 2021 г.

The Integrative Result of Education in the Context of Discipline-Based Differentiation of Its Content

Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta – Tomsk State University Journal, 2021, 469, 226–233.

DOI: 10.17223/15617793/469/29

Nataliya V. Gafurova, Siberian Federal University (Krasnoyarsk, Russian Federation). E-mail: gafurnv@yandex.ru

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0987-7381>

Svetlana I. Osipova, Siberian Federal University (Krasnoyarsk, Russian Federation). E-mail: osisi@yandex.ru

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4728-2282>

Irina V. Dubova, Siberian Federal University (Krasnoyarsk, Russian Federation). E-mail: idubova@mail.ru

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3910-7513>

Roman V. Esin, Siberian Federal University (Krasnoyarsk, Russian Federation). E-mail: surgeon14@mail.ru

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9682-4690>

Keywords: integration in education; integrative result of education; discipline-based differentiation; CDIO; science module; STEAM education; engineering task; design activity.

The article actualizes the problem, which is important within the framework of the competency-based approach, of the integrative result of education in the context of the traditional disciplinary division of the content of vocational training. Theoretical and experimental studies in which the problem of integration is considered in the development of personal and interpersonal competencies simultaneously with the formation of disciplinary knowledge in the fields of physics, chemistry, and mathematics are analyzed. The aim of the study is to identify and use integration objects in the educational process. Learning outcomes are essential to any curriculum in education; they need to be clear, observable and measurable. The use of integration objects will allow forming and evaluating the integrative result of education in the process of mastering the disciplines of the science module. The study is carried out using systemic, epistemological, synergistic, and informational approaches. Materials of the research were scientific articles on the research problem, documents on the ideology of the CDIO Worldwide Initiative. A hypothesis has been put forward and theoretically grounded on the possibility of the student's intellectual development to solve problems and create products based on integrative knowledge and methods of activity. Student learning outcomes have long been established as an important component in developing discipline-based content, communicating expectations to students, and designing effective assessments. The following integration objects are highlighted: the content of the educational process; semantic universals (system, state, process, interaction, result, development, etc.), systems of scientific concepts, laws, theories, ideas in their dialectical unity. A method and means of evaluating the integrative learning outcomes based on the students' solution of a project task is proposed. The assumption about the impact of integrated learning on the motivational component of learning is tested. The study shows the relevance of the problem of integrative education (multidisciplinary, interdisciplinary, and transdisciplinary) and opens up a significant area of educational practice that allows removing the contradiction between the disciplinary dissection and the integrative nature of a person. The obtained results also revealed increased motivation among students to embrace new grading approaches.

REFERENCES

1. Kans, M. & Gustafsson, Å. (2016) Analyzing the meaning of interdisciplinary in the CDIO context. *Proceedings of the 12th International CDIO Conference*. Turku: Turku University of Applied Sciences. pp. 962–973. [Online] Available from: <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:933139/FULLTEXT01.pdf>
2. Renate, G. (2018) Klaassen Interdisciplinary education: a case study. *European Journal of Engineering Education*. DOI: 10.1080/03043797.2018.1442417
3. Dvulichanskaya, N.N. & Fadeev, G.N. (2018) Bakalavriat v tekhnicheskoy universitete: problemy i puti ikh resheniya [Bachelor's degree programs at a technical university: problems and ways to solve them]. *Vyshee obrazovanie v Rossii – Higher Education in Russia*. 27 (3). pp. 96–103. [Online] Available from: <https://vovr.elpub.ru/jour/article/view/1317/1096>
4. Middlehurst, R. & Teixeira, P.N. (2012) Governance within the EHEA: dynamic trends, common challenges, and national particularities. In: *European higher education at the crossroads*. Springer. pp. 527–551. DOI: 10.1007/978-94-007-3937-6_29
5. Harman, K. & Meek, V.L. (2002) Introduction to special issue: Merger revisited: international perspectives on mergers in higher education. *Higher Education*. 44 (1). pp. 1–4. DOI: 10.1023/A:1014929121367
6. Wang, X.A. (2002) A policy analysis of the financing of higher education in China: Two decades reviewed. *Journal of Higher Education Policy and Management*. 23 (2). pp. 205–217. DOI: 10.1080/13600800120088698
7. Harman, G. (1991) Institutional amalgamations and abolition of the binary system in Australia under John Dawkins. *Higher Education Quarterly*. 45 (2). pp. 176–198. DOI: 10.1111/j.1468-2273.1991.tb01566.x
8. Pinheiro, R. & Stensaker, B. (2014) Designing the entrepreneurial university: The interpretation of a global idea. *Public Organization Review*. 14 (4). pp. 497–516. DOI: 10.1007/s11115-013-0241-z
9. Ursin, J. et al. (2010) Is education getting lost in university mergers? *Tertiary Education and Management*. 16 (4). pp. 327–340. DOI: 10.1080/13583883.2010.533379
10. Kyvik, S. & Stensaker, B. (2013) Factors Affecting the Decision to Merge: The case of strategic mergers in Norwegian higher education. *Tertiary Education and Management*. 19 (4). pp. 323–337. DOI: 10.1080/13583883.2013.805424
11. Yin, W. et al. (2018) Zijin Mode: Industry and Education Deep Integration in Mining Engineering. *International Journal of Georesources and Environment-IJGE*. 4 (3). pp. 64–68. DOI: 10.15273/ijge.2018.03.011
12. Matinde, E. (2019) Enhancing the Entrepreneurial and Intrapreneurial Attributes of Engineering Graduates: A Review Proposal for Metallurgy and Materials Engineering Undergraduate Curricula at Two African Universities. *Education Sciences*. 9 (1). DOI: 10.3390/educsci9010004
13. Tan, S.Y. et al. (2018) Rethinking Our Education to Face the New Industry Era. *Proceedings of EDULEARN18 Conference*. Palma, Mallorca, Spain. pp. 6562–6571. [Online] Available from: https://www.researchgate.net/profile/Sin_Ying_Tan2/publication/326713638_RETHINKING_OUR_EDUCATION_TO_FACE_THE_NEW_INDUSTRY_ERA/links/5b912a7392851c6b7ecb40fa/RETHINKING-OUR-EDUCATION-TO-FACE-THE-NEW-INDUSTRY-ERA.pdf
14. Herr, D.J.C. et al. (2019) Convergence education an international perspective. *Journal of Nanoparticle Research*. 21 (11). DOI: 10.1007/s11051-019-4638-7
15. Smertenko, P., Dimitriev, O. & Pocheikailova, L. (2018) Technological transformations and their implications for higher education. *Sustainable Futures for Higher Education*. pp. 67–75. DOI: 10.1007/978-3-319-96035-7_8
16. Liu, X. & Liu, C. (2019) Research on the Teaching Reform of the NEET-oriented Engineering Training. *2019 International Conference on Advanced Education and Social Science Research (ICAESSR 2019)*. Atlantis Press. [Online] Available from: <https://download.atlantispress.com/article/125917386.pdf>

17. De la Barra, E., Veloso, S. & Maluenda, L. (2018) Integrating assessment in a CLIL-based approach for second-year university students. *Profile: Issues in Teachers' Professional Development*. 20 (2). pp. 111–126. DOI: 10.15446/profile.v20n2.66515
18. Morgado, M., Gaspar, M. & Régio, M. (2018) Interdisciplinarity and collaboration in higher education engineering courses. *Journal of Education Culture and Society*. 9 (2). pp. 179–186. DOI: 10.15503/jecs20182.179.186
19. Thibaut, L. et al. (2018) Integrated STEM education: A systematic review of instructional practices in secondary education. *European Journal of STEM Education*. 3 (1). DOI: 10.20897/ejsteme/85525
20. Arnautov, A. et al. (2013) Fostering Engineering Thinking with Curriculum Integrated STEM Game. *Proceedings of the 13th International CDIO Conference*. DOI: 10.11575/PRISM/10230
21. Rolling, Jr.J.H. (2016) STEAM locomotion. *Art Education*. 69 (6). DOI: 10.1080/00043125.2016.1224811
22. Al-Atabi, M. (2012) Inculcating CDIO skills at pre-degree level. *Proceedings of the 8th International CDIO Conference*. [Online] Available from: http://www.webmail.orbiter.cdio.org/files/document/file/inculcating_cdio_skills_at_the_pre-degree_level_.pdf
23. Enqvist, M. et al. (2005) The CDIO Initiative from an automatic control project course perspective. *IFAC Proceedings Volumes*. 38 (1). pp. 67–72. [Online] Available from: <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:316722/FULLTEXT01.pdf>
24. Lundblad, J., Kari, L. & Östlund, S. (2007) Integrating CDIO experiences into a new program environment. *3rd International CDIO Conference*. MIT, USA. [Online] Available from: <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:468467/FULLTEXT01.pdf>
25. Dale, S.G. et al. (2018) Towards a more methodical approach to teaching senior chemistry. *Teaching Science*. 64 (3). [Online] Available from: <https://search.informit.com.au/documentSummary;dn=841513638503888;res=IELHSS>
26. Rechistov, G. & Plotkin, A. (2014) Computer engineering educational projects of mipt-intel laboratory in the context of CDIO. *Proceedings of the 10th International CDIO Conference*. [Online] Available from: http://rocketship.cdio.org/files/document/cdio2014/44/44_Paper.pdf
27. Valmu, H. et al. (2014) Optimizing the project based student paths in Helsinki Metropolia UAS. *Proceedings of the 10th International CDIO Conference*. Barcelona, Spain. [Online] Available from: http://jrez.cdio.org/files/document/cdio2014/22/22_Paper.pdf
28. Genc, B. & Mitra, R. (2018) Mine Planning and Design for Mining Engineering learners at Wits University. *The Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy*. 118 (8). pp. 865–868. DOI:10.17159/2411-9717/2018/v118n8a9
29. Yu-Chiung Hsu & Ya-Ming Shiue. (2018) Exploring the Influence of Using Collaborative Tools on the Community of Inquiry in an Interdisciplinary Project-Based Learning Context. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*. 14. pp. 933–945. DOI: 10.12973/ejmste/81149
30. Dubova, I.V., Sanacheva, G.S. & Osipova, S.I. (2019) Rol' vzaimodeystviya vuz–proizvodstvo v organizatsii proektnogo obucheniya pri podgotovke inzhenerov [The role of university-production interaction in the organization of project training in the training of engineers]. *Chernye metall*. 8. pp. 72–78.
31. Kupavtsev, A.V. (2018) Thematic Clusters in Education. *Vysshee obrazovanie v Rossii – Higher Education in Russia*. 27 (11). pp. 85–89. (In Russian). DOI: 10.31992/0869-3617-2018-27-11-85-89
32. Gordeeva, O., Sychev, O.A. & Osin, E.N. (2014) Academic motivation scales questionnaire. *Psikhologicheskii zhurnal*. 35 (4). pp. 96–107. [Online] Available from: https://www.researchgate.net/profile/Evgeny_Osin/publication/287265976_Academic_motivation_scales_questionnaire/links/567883fe08ae502c99d57360/Academic-motivation-scales-questionnaire.pdf

Received: 10 August 2021