

О ПРОБЛЕМАХ ПОДГОТОВКИ СОВРЕМЕННЫХ ИНЖЕНЕРОВ В ОБЛАСТИ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ: МЕТОДИЧЕСКИЙ АСПЕКТ

Н.В. Косарева¹⁷, Е.В. Кузнецова¹⁸

¹ Ярославский государственный технический университет
150023, Россия, г. Ярославль, Московский просп., 88

¹ E-mail: nataliacosareva@yandex.ru

² Липецкий государственный технический университет
398600, Россия, г. Липецк, ул. Московская, 30

E-mail: eva351@yandex.ru

Аннотация

В современном высокотехнологичном обществе инженерное образование требует постоянного внимания, так как является важным ресурсом инновационного развития экономики и обеспечения национальной безопасности. Анализ тенденций и проблем инженерного образования, отраженных в научных публикациях последних лет, позволяет сделать вывод о том, что имеет место недостаток исследований, посвященных преподаванию конкретных технических дисциплин, формирующих фундамент профессиональной культуры молодых инженеров. Вследствие этого тема данной статьи является актуальной. На основе анализа образовательных стандартов, научной и методической литературы, в результате изучения и обобщения педагогического опыта в статье определены роль и место материаловедения в структуре подготовки современного инженера. Выделены проблемы, сформулированы цели, средства, методы, результаты и принципы преподавания учебной дисциплины «Материаловедение и термообработка современных материалов». Представлен пример применения активных методов обучения в учебном процессе. Полученные результаты позволяют определить направления для дальнейшего совершенствования преподавания материаловедения и других технических дисциплин студентам инженерных направлений. В технологически развитом обществе материаловедение во многом определяет как уровень функционирования и безопасность государства, так и комфорт повседневной жизни отдельного человека, поэтому проблемы совершенствования подготовки специалистов в данной области могут быть интересны широкому кругу читателей.

Ключевые слова: инженерное образование, материаловедение, методика преподавания.

Благодарности: Выражаем благодарность рецензентам за рассмотрение нашей статьи и замечания, способствующие ее улучшению.

¹⁷ Косарева Наталья Васильевна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология материалов, стандартизация и метрология».

¹⁸ Кузнецова Елена Васильевна, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры «Прикладная математика».

Введение

В условиях информатизации всех сторон общества, развития техники и технологий инженерное образование становится важным ресурсом национальной продуктивности. Поэтому во всем мире как на государственном уровне, так и в научных кругах большое внимание уделяется совершенствованию подготовки инженерных кадров [1–2]. Например, за рубежом существует большое количество ассоциаций, способствующих развитию инженерного образования. Среди них основанная в 1893 году некоммерческая организация American Society for Engineering Education (ASEE), Индийское общество технического образования The Indian Society for Technical Education (ISTE), Китайское общество по инженерной педагогике The Chinese Society for Engineering Education (CSEE), Австралийская ассоциация инженерного образования the Australasian Association for Engineering Education (AAEE) и другие. Как правило, эти организации объединяют ряд высших учебных заведений, научно-исследовательских учреждений, компаний-работодателей, заинтересованных в развитии и совершенствовании инженерного образования. Деятельность ASEE, например, включает не только проведение конференций, издание периодики по проблемам инженерного образования, но также охватывает организацию и финансовую поддержку летних студенческих стажировок, летних школ-семинаров для преподавателей (во время отпуска), обеспечение информационными ресурсами, поддержку научных исследований студентов, докторантов, поддержку выпускников, распространение информации о вакансиях и другие программы. Существуют также специализированные журналы, посвященные инженерной педагогике, на страницах которых преподаватели технических дисциплин могут обсудить проблемы и поделиться педагогическими находками. Например, это Journal of Engineering Education (США), International Journal of Engineering Education (Ирландия) и др. В нашей стране также существует общероссийская общественная организация Ассоциация инженерного образования России [3], издается журнал «Инженерное образование». Кроме того, можно отметить отдельные тематические выпуски журналов социально-гуманитарного направления. Например, журнал «Высшее образование в России» регулярно предоставляет возможность обсудить проблемы инженерной педагогики. И все-таки с учетом имеющихся проблем, стоящих перед инженерным образованием сегодня, публикаций, посвященных вопросам подготовки современных инженеров, явно недостаточно. Особенно мало исследований, посвященных преподаванию технических дисциплин, что подтверждает актуальность исследования проблем подготовки современных инженеров в области материаловедения.

1. Обзор литературы

Анализ научных публикаций позволяет заключить, что в информационном обществе высшее образование сталкивается с рядом серьезных вызовов [4]. Среди них прежде всего необходимо отметить рост объемов информации (информационный вызов) и быструю смену технологий (технологический вызов). И так как изменения происходят стремительно, существует опасность, что полученные за годы учебы в университете знания, умения и навыки могут оказаться устаревшими. В работе [5] рассматриваются мировые тенденции в развитии образования. Отмечаются такие характеристики высшего образования в России, как слабый акцент на актуальные потребности национальной экономики и отсутствие учета глобальных изменений на рынке труда, снижение качества подготовки рабочих специальностей и недостаточная гибкость образовательных программ. В статьях [6–7] исследуются проблемы инженерного образования в России. Среди главных проблем выделены снижение качества абитуриентов, поступающих на технические специальности, низкая востребованность дипломов бакалавров и магистров в промышленности и сельском хозяйстве из-за недостаточной подготовки выпускников к работе в реальных условиях, отсутствие эффективных отношений между вузами и работодателями. Меры, позволяющие повысить в России престиж и качество высшего технического образования, предлагаются в работе [8].

Ряд статей посвящен исследованию того, какими качествами и компетенциями должен обладать современный инженер. Так, например, в статье [9] подчеркивается, что разработка учебных программ для инженерного образования должна основываться на всестороннем понимании ответственности инженеров, чтобы в дальнейшей их деятельности присутствовало стремление выполнять требования стандартов качества, обеспечивать безопасность и экологичность производства. Размышляя над тем, какими компетенциями должен обладать инженер будущего, авторы статей [10–13] указывают на необходимость развития коммуникационных навыков, способность управлять проектами и выявлять контексты.

Среди направлений совершенствования подготовки инженеров можно отметить применение активных методов обучения в учебном процессе [14–20], необходимость трансдисциплинарности [21–24], целостности [25], направленность на развитие способностей [26–27], привлечение работодателей на стадии планирования учебного процесса [28], интеграцию учебного процесса и научных исследований [29].

Подводя итог, можно сделать вывод о том, что в данных условиях усиливается роль фундаментальной подготовки и формирования общеинженерной культуры молодых инженеров.

2. Материалы и методы

В процессе исследования применялись следующие методы: изучение научной и методической литературы, научной периодики, образовательных стандартов, рабочих программ, учебников и учебных пособий, анализ деятельности студентов, наблюдение, беседа, обобщение педагогического опыта.

3. Результаты исследования

Важное место в подготовке современного инженера занимает материаловедение. Материаловедение затрагивает широчайший спектр человеческой деятельности, что делает эту область знания актуальной и востребованной в высокотехнологичном обществе. Разработка, создание новых материалов и способов их обработки является основой современного производства, что во многом определяет научно-технический и экономический потенциал государства. Развитие материаловедения в настоящее время обеспечивает потребности в новых материалах для исследования и освоения космоса, развития электроники, энергетики, оборонной промышленности, то есть отраслей, которые обеспечивают экономическую и национальную безопасность России. Все это требует высокой компетентности современных инженеров в области теоретического и практического материаловедения. То есть уровень развития материаловедения во многом определяет не только функционирование и безопасность общества в целом, но и затрагивает повседневную жизнь каждого отдельного человека. Поэтому проблемы преподавания данной учебной дисциплины касаются не только преподавателей, ведущих курсы материаловедения, и студентов, изучающих этот раздел науки, но и общества в целом.

Образовательная программа по подготовке магистров направления 22.04.01 «Материаловедение и технологии материалов» включает учебную дисциплину «Материаловедение и термообработка современных материалов», которая изучается в первом семестре первого курса, и составляет 4 зачетных единицы (144 часа).

Целью изучения учебной дисциплины «Материаловедение и термообработка современных материалов» является формирование у студентов способности и готовности давать научно обоснованный прогноз свойств и поведения применяемых в технике материалов.

Согласно ФГОС ВО по направлению подготовки 22.04.01 «Материаловедение и технологии материалов» [5], в результате изучения дисциплины студент должен:

– *знать*: классы и типы современных материалов; физические и химические процессы, протекающие в материалах при их получении, обработке и модификации; современные технологии получения и обработки материалов с заданными свойствами с целью их применения в различных областях и прогнозирования материалов будущего;

– *уметь*: применять знания о получении свойств материалов при разработке и реализации технологических процессов производства и переработки материалов для повышения их надежности и долговечности в условиях эксплуатации;

– *владеть*: методами и средствами диагностики, испытаний, исследования свойств материалов в процессе поиска оптимальных технологических вариантов.

Так как материаловедение изучает закономерности формирования структуры и свойств материалов, для успешного изучения предмета необходимы прежде всего знания в области физики и химии. При плавлении, затвердевании, кристаллизации растворов и химических соединений действуют основные законы природы. Поэтому учебная дисциплина «Материаловедение и термообработка современных материалов» опирается на ранее изученные дисциплины бакалаврской программы и используется при изучении специальных дисциплин (ТКМ, детали машин, проектирование заготовок, сварка и др.), а также при выполнении курсовых работ и выпускной квалификационной работы.

Результатом освоения учебной дисциплины является формирование профессиональной компетенции «Способность использовать на практике современные представления о влиянии микро- и наноструктуры на свойства материалов, их взаимодействие с окружающей средой, полями, энергетическими частицами и излучениями» [30].

Курс «Материаловедение и термообработка современных материалов» включает следующие основные разделы: конструкционные материалы; формирование структуры; механические свойства; конструкционные металлы и сплавы; термическая обработка; теория и практика термической обработки; материалы, применяемые в различных отраслях промышленности. Основные разделы формируют общее представление о существующих материалах, их строении, связи внутренней структуры с эксплуатационными свойствами, об общих законах образования различных структур при охлаждении расплавов и при термической обработке, позволяют выявить особенности различных материалов.

Практические занятия посвящены освоению таких вопросов, как маркировка сплавов железо – углерод; поверхностное упрочнение; цветные сплавы. В настоящее время при подготовке в высшей школе выделяют так называемые «твердые навыки» (hard skills) и «мягкие навыки» (soft skills) [31]. «Твердые навыки» являются специфическими техническими навыками, связанными с конкретной профессией. «Мягкие навыки» затрагивают социальные и межличностные сферы профессиональной деятельности, такие как коммуникация и лидерство. Несмотря на то, что «мягкие навыки» призваны дополнять «твердые», публикации последних лет свидетельствуют о том, что наибольшее внимание уделяется первым явно в ущерб вторым. При изучении

материаловедения необходимо сформировать такие профессиональные навыки, которыми должен владеть каждый современный инженер:

- выбирать материал для изготовления детали с учетом специфики ее эксплуатации;

- рекомендовать замену материала на более современный, обеспечивающий более эффективные характеристики изделия (облегчение конструкции, увеличение надежности, дальности полета, продление срока службы и т. д.);

- применять разнообразные методы контроля поведения металлических и неметаллических материалов в работе;

- разрабатывать новые стали, сплавы, материалы и изучать возможность их упрочнения;

- устанавливать причины преждевременного разрушения конструкций и механизмов и разрабатывать меры по предотвращению неблагоприятных последствий.

Образовательные стандарты по материаловедению в какой-то степени охватывают прогресс в этой науке, но недостаточно. Количество аудиторных часов сокращается. Это приводит к большим трудностям преподавания курса с учетом прогресса в современном материаловедении. Кроме того, необходимо отметить трудности преподавания, заложенные школой:

1. Материаловедение в школе не изучали так, как, например, физику, химию, математику. Предмет имеет свою терминологию, которая бывшим школьникам совершенно не знакома. Им необходимо напряженно заниматься, чтобы разобраться в теме и хоть что-то понять и запомнить.

2. На многие технические специальности зачисляют абитуриентов, которые не сдавали ЕГЭ по физике. В процессе изучения курса материаловедения у них возникают сложности, так как они плохо понимают суть физических процессов.

3. Специфика подготовки к ЕГЭ приводит к тому, что учащиеся в школе нацелены в большей мере на механическое запоминание правильных ответов и готовых алгоритмов. А материаловедение требует понимания процессов, происходящих при получении материалов и их термической обработке, так как невозможно запомнить и держать в голове структуру, свойства, режимы и результаты термической обработки для каждой стали или сплава, которых большое множество.

Для того чтобы сформировать необходимые компетенции и донести до студентов основные законы материаловедения, необходимо варьировать и развивать темы предмета, комбинировать формы, средства и методы обучения, чтобы добиться активного включения студентов в учебный процесс. Лекции с использованием наглядных средств обучения, практические занятия с элементами дискуссии, лабораторные занятия с имитацией профессиональной деятельности, работа под руководством преподавателя, работа в малых

группах, выполнение заданий исследовательского характера в рамках курсовой работы, самостоятельная работа студентов с учебной, научной литературой, ГОСТами и другими документами нацелены на формирование предметных профессиональных навыков и социально-коммуникативных компетенций. Например, лабораторная работа «Способы определения марок сталей», в которой сочетаются различные способы получения результатов, состоит из трех этапов [32]. На первом этапе студентам необходимо научиться определять марки сталей посредством наблюдения и определения содержания углерода по искре. Сначала студенты смотрят видео, где показано, как искрят стали с различным содержанием углерода и легирующих элементов. Затем смотрят, как искрят опытные стали, под руководством лаборанта. Определяют содержание углерода в образцах и записывают результаты в таблицу. На втором этапе предусмотрена работа в малых группах. От всех опытных образцов студенты делают шлифы, изучают их под микроскопом и по структуре определяют содержание углерода в каждом образце. Результаты обсуждают и записывают в общую таблицу. На третьем этапе работа в малых группах сочетается с индивидуальной работой. Все опытные образцы подвергают спектральному анализу, который дает точность результата до 0,00001 %. Результаты записывают в таблицу. Делают вывод о содержании углерода в исследованных сталях и марке стали.

Таким образом, за одно занятие студенты получают теоретические знания и практические умения и навыки. Далее необходимо оформить и представить результаты проделанной работы в требуемой форме. Защиту можно проводить в форме конференции, так что вопросы может задавать не только преподаватель, но и студенты. Наиболее интересные вопросы отмечаются при подведении итогов. Таким образом, выполнение лабораторной работы приобретает черты учебного исследования, в процессе которого формируются такие необходимые современному инженеру компетенции, как способность и готовность ставить цель и выбирать пути ее достижения, планировать и осуществлять эксперимент, работать с приборами и материалами, оформлять, представлять и докладывать результаты выполненной работы, работать в команде.

Дефицит времени, отведенного на изучение курса, сложность и объем теоретического материала, подлежащего осмысленному усвоению, необходимость формирования большого количества профессиональных навыков в области материаловедения – все это ведет к усилению роли преподавателя, который должен не только владеть содержанием, быть специалистом в данной предметной области, но и обладать эрудицией, владеть педагогическими технологиями, чтобы дать целостную картину состояния и перспектив развития теоретического и прикладного материаловедения, научить студентов применять полученные знания в практической инженерной деятельности.

В заключение сформулируем принципы, на которых должно строиться преподавание материаловедения:

- *фундаментальность*: формируются общие представления о структуре и свойствах материалов, их влиянии на эксплуатационные свойства изделий;

- *научность*: материаловедение опирается на фундаментальные законы природы, понимание этих законов – основа научно обоснованного предсказания характеристик материалов;

- *междисциплинарность*: понимание принципов и закономерностей выбора материалов является фундаментом для изучения широкого спектра технических учебных дисциплин, поэтому целесообразно изучение учебного материала на междисциплинарной основе;

- *целостность* содержания, средств и методов обучения [33];

- *актуальность*: постоянное обновление содержания курса с учетом последних достижений в данной области;

- *вовлеченность студентов*: материаловедение – интересная, но и сложная для усвоения область человеческого знания, поэтому в условиях ограниченного времени, отведенного на ее изучение, успех возможен только при творческой познавательной активности самих студентов;

- *разнообразие средств и методов обучения*: лекции, практические занятия и лабораторные работы с показом фрагментов фильмов, изучением опытных образцов, применением наглядных средств обучения.

Следует отметить, что указанные принципы универсальны и применимы для совершенствования преподавания широкого круга технических дисциплин, так как причиной многих проблем подготовки студентов инженерных направлений в области материаловедения являются вызовы, которые возникают перед инженерным образованием в условиях высокотехнологичного информационного общества.

Заключение

При исследовании методических аспектов преподавания материаловедения в подготовке современных инженеров прежде всего были изучены тенденции и проблемы инженерного образования, отраженные в российских и зарубежных публикациях последних лет.

С учетом полученных результатов дан анализ роли и места материаловедения в структуре профессиональной подготовки современного инженера, сформулирован перечень профессиональных навыков в области материаловедения, необходимый современному инженеру, рассмотрены средства и методы их формирования в процессе изучения учебной дисциплины «Материаловедение и термическая обработка современных материалов». Сформулированы принципы, на которых строится преподавание данного раздела науки. Вы-

явлены причины трудностей в изучении материаловедения, заложенные в школьной подготовке абитуриентов.

Полученные результаты дают возможность определить направления совершенствования процесса преподавания материаловедения и других технических дисциплин в подготовке студентов инженерных направлений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Villanueva I., Nadelson L. Are We Preparing Our Students to Become Engineers of the Future or the Past? // International journal of engineering education. 2017. Vol. 33(2). P. 639–652.
2. Селиванов В.В., Ильин Ю.Д. Концептуальные основы системы инженерного образования // Машиностроение и инженерное образование. – 2015. – № 3 (44). – С. 60–72.
3. Ассоциация инженерного образования России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://aeer.ru/ru/mission.htm>
4. Баврин И.И., Кузнецова Е.В. Высшее образование в информационном обществе: проблемы и перспективы // Наука и школа. – 2016. – № 3. – С. 165–172.
5. Gurban I.A., Tarasyev A.A. Global trends in education: Russia case study // IFAC-PapersOnLine. 2016. Vol. 49(6). P. 186–193.
6. Pukharens Yu.V., Norina N.V., Norin V.A. Russian engineering education in the era of change // European Journal of Engineering Education. 2017. Vol. 42(2). P. 171–187.
7. Malina S.S. Development of Engineering Education in the Novosibirsk Oblast // Problems of Economic Transition. 2016. Vol. 58(7–9). P. 657–670.
8. Григораш О.В. О повышении престижа высшего технического образования в России // Высшее образование в России. – 2016. – № 5. – С. 42–48.
9. Murphy C., Gardoni P. Understanding Engineers' Responsibilities: A Prerequisite to Designing Engineering Education // Science and Engineering Ethics. 2017. <https://doi.org/10.1007/s11948-017-9949-4>
10. Chan C., Fong E., Luk L., Ho R. A review of literature on challenges in the development and implementation of generic competencies in higher education curriculum // International Journal of Educational Development. 2017. Vol. 57, November. P. 1–10.
11. Felgueirasa M.C., Rochab J.S., Caetanoac N. Engineering education towards sustainability // Energy Procedia. 2017. Vol. 136, October. P. 414–417.
12. Pons D. Relative importance of professional practice and engineering management competencies // European Journal of Engineering Education. 2016. Vol. 41(5). P. 530–547.
13. Passow H.J., Passow C.H. What Competencies Should Undergraduate Engineering Programs Emphasize? A Systematic Review // The research journal for engineering education. 2017. Vol. 106(3). P. 475–526.
14. Streveler R.A., Menekse M. Taking a Closer Look at Active Learning // Journal of Engineering Education. 2017. Vol. 106(2). P. 186–190.
15. Suraishkumar G.K. Strategies to improve learning of all students in a class // European Journal of Engineering Education. 2018. Vol. 43(3). P. 427–445.

16. *Christie M., Graaff E.* The philosophical and pedagogical underpinnings of Active Learning in Engineering Education // *European Journal of Engineering Education*. 2017. Vol. 42(1). P. 5–16.
17. *Rudolph J.* Pushing the boundaries of engineering education // *Engineering Studies*. 2015. Vol. 7(2-3). P. 129–131.
18. *King C.J., Pister K.S.* How best to broaden engineering education? // *Engineering Studies*. 2015. Vol. 7(2–3). P. 150–152.
19. *Magana A.J., Vieira C., Boutin M.* Characterizing engineering learners' preferences for active and passive learning methods // *IEEE Transactions on Education*. 2018. Vol. 61(1). P. 46–54.
20. *Crotty E.A., Guzey S.S., Roehrig G.H., Glancy A.W., Ring-Whalen E.A., Moore T.J.* (2017) Approaches to Integrating Engineering in STEM Units and Student Achievement Gains // *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*. 2017. Vol. 7(2), Article 1. <https://doi.org/10.7771/2157-9288.1148>
21. *Tejedor G., Segalàs J., Rosas-Casals M.* Transdisciplinarity in higher education for sustainability: How discourses are approached in engineering education // *Journal of Cleaner Production*. 2018. Vol. 175, February. P. 29–37.
22. *Gero A.* Students' attitudes towards interdisciplinary education: a course on interdisciplinary aspects of science and engineering education // *European Journal of Engineering Education*. 2017. Vol. 42(3). P. 260–270.
23. *Lattuca L.R., Knight D.B., Ro H.K., Novoselich B.J.* Supporting the development of engineers' interdisciplinary competence // *The research journal for engineering education*. 2017. Vol. 106(1). P. 71–97.
24. *Vemury C.M., Heidrich O., Thorpe N.* A holistic approach to delivering sustainable design education in civil engineering // *International Journal of Sustainability in Higher Education*. 2018. Vol. 9(1). P. 197–216.
25. *Mullet D.R., Kettler T., Sabatini A.M.* Gifted Students' Conceptions of Their High School STEM Education // *Journal for the Education of the Gifted*. 2018. Vol. 41(1). P. 60–92.
26. *Vivekanandan D.A., Sgouropoulou C., Feldman G.* Higher education provision using systems thinking approach – case studies // *European Journal of Engineering Education*. 2018. Vol. 43(1). P. 3–25.
27. *Агамирзян И.Р., Крук Е.А., Прохорова В.Б.* Некоторые современные подходы к инженерному образованию // *Высшее образование в России*. – 2017. – № 11. – С. 43–48.
28. *Иванов В.Г., Шагеева Ф.Т., Галиханов М.Ф.* Преемственная подготовка инженерных кадров для инновационной экономики в исследовательском университете // *Высшее образование в России*. – 2017. – № 5. – С. 68–78.
29. ФГОС ВО по направлению подготовки 22.04.01 Материаловедение и технологии материалов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.fgosvo.ru/news/21/1857>
30. Essential Skills You Need to Become a Top Engineer. <https://www.thebalance.com/list-of-engineering-skills-2063751>
31. *Косарева Н.В.* Формирование структуры материалов: Учеб. пособие. – Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2014. – 80 с.

32. Кузнецова Е.В. Целостность как системообразующий принцип образования в условиях информационного общества // Наука и школа. – 2014. – № 3. – С. 69–74.

Поступила в редакцию 02.03.18
В окончательном варианте 24.05.18

UDC 378

ON THE PROBLEMS OF MODERN ENGINEERS' TRAINING IN THE FIELD OF MATERIALS SCIENCE: THE METHODOLOGICAL ASPECT

N.V. Kosareva¹⁹, E.V. Kuznetsova²⁰

¹Yaroslavl State Technical University
88, Moskovskiy Prosp., Yaroslavl, Russia, 150023
E-mail: nataliacosareva@yandex.ru

²Lipetsk State Technical University
30, Moskovskaya Str., Lipetsk, Russia, 398600
E-mail: eva351@yandex.ru

Abstract

In a modern high-tech society, engineering education requires constant attention, as it is an important resource for innovative development of the economy and ensuring national security. Analysis of trends and problems of engineering education, reflected in scientific publications of recent years, suggests that there is a lack of research devoted to the teaching of specific technical disciplines that form the foundation of the professional culture of young engineers. As a consequence, the topic of this article is relevant. Based on the analysis of educational standards, scientific and methodological literature, as a result of studying and generalizing pedagogical experience, the article defines the role and place of materials science in the structure of the training of a modern engineer. Problems are singled out, goals, means, methods, results and principles of teaching the discipline "Materials Science and Heat Treatment of Modern Materials" are formulated. An example of the use of active teaching methods in the teaching process is presented. The results obtained allow us to determine the directions for further improvement of the teaching of materials science and other technical disciplines to engineering students. And since in a technologically advanced society material science largely determines both the level of functioning and security of the state and the comfort of the everyday life of an individual, the problems of improving the training of specialists in this field may be of interest to a wide range of readers of the journal.

Keywords: engineering education, materials science, teaching methods.

¹⁹ Natalia V. Kosareva, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Materials Technology, Standardization and Metrology Department.

²⁰ Elena V. Kuznetsova, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor of Applied Mathematics Department.

Acknowledgements: *We would like to thank the reviewers for the consideration of our manuscript and for their useful comments.*

REFERENCES

1. Villanueva, I., Nadelson, L. Are We Preparing Our Students to Become Engineers of the Future or the Past? // International journal of engineering education. 2017. Vol. 33(2). P. 639–652.
2. Selivanov V.V., Il'in Yu.D. Konceptual'nye osnovy sistemy inzhenerного obrazovaniya [Conceptual foundations of the engineering education system] // Mashinostroyeniye i inzhenernoye obrazovanie. 2015. № 3 (44). P. 60–72.
3. Association of Engineering Education of Russia. <http://aeer.ru/ru/mission.htm>.
4. Bavrin I.I., Kuznetsova E.V. Vysshee obrazovanie v informatsionnom obshchestve: problemy i perspektivy [Higher education in the information society: problems and perspectives] // Nauka i shkola. 2016. № 3. P. 165–172.
5. Gurban I.A., Tarasyev A.A. Global trends in education: Russia case study // IFAC-PapersOnLine. 2016. Vol. 49(6). P. 186–193.
6. Pukharengo Yu.V., Norina N.V., Norin V.A. Russian engineering education in the era of change // European Journal of Engineering Education. 2017. Vol. 42(2). P. 171–187.
7. Malina S.S. Development of Engineering Education in the Novosibirsk Oblast // Problems of Economic Transition. 2016. Vol. 58(7-9). P. 657–670.
8. Grigorash O.V. O povyshenii prestizha vysshego tekhnicheskogo obrazovaniya v Rossii [On raising the prestige of higher technical education in Russia] // Vysshee obrazovanie v Rossii. 2016. № 5. P. 42–48.
9. Murphy C., Gardoni P. Understanding Engineers' Responsibilities: A Prerequisite to Designing Engineering Education // Science and Engineering Ethics. 2017. <https://doi.org/10.1007/s11948-017-9949-4>
10. Chan C., Fong E., Luk L., Ho R. A review of literature on challenges in the development and implementation of generic competencies in higher education curriculum // International Journal of Educational Development. 2017. Vol. 57, November. P. 1–10.
11. Felgueirasa M.C., Rochab J.S., Caetanoac N. Engineering education towards sustainability // Energy Procedia. 2017. Vol. 136, October. P. 414–417.
12. Pons D. Relative importance of professional practice and engineering management competencies // European Journal of Engineering Education. 2016. Vol. 41(5). P. 530–547.
13. Passow H.J., Passow C.H. What Competencies Should Undergraduate Engineering Programs Emphasize? A Systematic Review // The research journal for engineering education. 2017. Vol. 106(3). P. 475–526.
14. Streveler R.A., Menekse M. Taking a Closer Look at Active Learning // Journal of Engineering Education. 2017. Vol. 106(2). P. 186–190.
15. Suraishkumar G.K. Strategies to improve learning of all students in a class // European Journal of Engineering Education. 2018. Vol. 43(3). P. 427–445.
16. Christie M., Graaff E. The philosophical and pedagogical underpinnings of Active Learning in Engineering Education // European Journal of Engineering Education. 2017. Vol. 42(1). P. 5–16.
17. Rudolph J. Pushing the boundaries of engineering education // Engineering Studies. 2015. Vol. 7(2-3). P. 129–131.

18. *King C.J., Pister K.S.* How best to broaden engineering education? // *Engineering Studies*. 2015. Vol. 7(2-3). P. 150–152.
19. *Magana A.J., Vieira C., Boutin M.* Characterizing engineering learners' preferences for active and passive learning methods // *IEEE Transactions on Education*. 2018. Vol. 61(1). P. 46–54.
20. *Crotty E.A., Guzey S.S., Roehrig G.H., Glancy A.W., Ring-Whalen E.A., Moore T.J.* (2017) Approaches to Integrating Engineering in STEM Units and Student Achievement Gains // *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*. 2017. Vol. 7(2), Article 1. <https://doi.org/10.7771/2157-9288.1148>
21. *Tejedor G., Segalàs J., Rosas-Casals M.* Transdisciplinarity in higher education for sustainability: How discourses are approached in engineering education // *Journal of Cleaner Production*. 2018. Vol. 175, February. P. 29–37.
22. *Gero A.* Students' attitudes towards interdisciplinary education: a course on interdisciplinary aspects of science and engineering education // *European Journal of Engineering Education*. 2017. Vol. 42(3). P. 260–270.
23. *Lattuca L.R., Knight D.B., Ro H.K., Novoselich B.J.* Supporting the development of engineers' interdisciplinary competence // *The research journal for engineering education*. 2017. Vol. 106(1). P. 71–97.
24. *Vemury C.M., Heidrich O., Thorpe N.* A holistic approach to delivering sustainable design education in civil engineering // *International Journal of Sustainability in Higher Education*. 2018. Vol. 9(1). P. 197–216.
25. *Mullet D.R., Kettler T., Sabatini A.M.* Gifted Students' Conceptions of Their High School STEM Education // *Journal for the Education of the Gifted*. 2018. Vol. 41(1). P. 60–92.
26. *Vivekanandan D.A., Sgouropoulou C., Feldman G.* Higher education provision using systems thinking approach – case studies // *European Journal of Engineering Education*. 2018. Vol. 43(1). P. 3–25.
27. *Agamirzjan I.R., Kruk E.A., Prohorova V.B.* Nekotorye sovremennyye podhody k inzhenernomu obrazovaniju [Some modern approaches to engineering education] // *Vysshee obrazovanie v Rossii*. 2017. No. 11. P. 43–48.
28. *Ivanov V.G., Shageeva F.T., Galihanov M.F.* Preemstvennaya podgotovka inzhenernykh kadrov dlja innovacionnoj jekonomiki v issledovatel'skom universitete [Continuing training of engineering personnel for innovative economy in the research university] // *Vysshee obrazovanie v Rossii*. 2017. No. 5. P. 68–78.
29. FGOS VO po napravleniyu podgotovki 22.04.01 Materialovedenie i tekhnologii materialov [FSES HE in the direction of training 22.04.01 Materials Science and Materials Technology]. <http://www.fgosvo.ru/news/21/1857>
30. Essential Skills You Need to Become a Top Engineer. <https://www.thebalance.com/list-of-engineering-skills-2063751>
31. *Kosareva N.V.* Formirovanie struktury materialov. Uchebnoe posobie [Formation of the structure of materials. Textbook]. Yaroslavl: Izd-vo YAGTU, 2014. 80 p.
32. *Kuznetsova E.V.* Celostnost' kak sistemoobrazuyushchij princip obrazovaniya v usloviyah informacionnogo obshchestva [Integrity as a system-forming principle of education in the conditions of the information society] // *Nauka i shkola*. 2014. No. 3. P. 69–74.

Original article submitted 02.03.18

Revision submitted 24.05.18