

## ФОРМИРОВАНИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ УМЕНИЙ БУДУЩИХ ИНЖЕНЕРОВ В ПРОЦЕССЕ ИЗУЧЕНИЯ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ

*Н.В. Косарева<sup>1</sup>, Е.В. Кузнецова<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Ярославский государственный технический университет  
Россия, 150023, г. Ярославль, Московский просп., 88*

<sup>1</sup>*E-mail: nataliacosareva@yandex.ru*

<sup>2</sup>*Липецкий государственный технический университет  
Россия, 398600, г. Липецк, ул. Московская, 30*

<sup>2</sup>*E-mail: eva351@yandex.ru*

### АННОТАЦИЯ

*Необходимость постоянно совершенствовать качество подготовки инженеров и недостаточное внимание к проблемам преподавания технических дисциплин в университетах обуславливают актуальность данного исследования. Сегодня в условиях быстрого развития техники и технологий исследовательские умения являются необходимыми для каждого специалиста. Однако инженеру необходимо не только владеть общими методами проведения исследований, но и уметь грамотно провести эксперимент, используя современное сложное оборудование и материалы. В статье формирование исследовательских умений будущих инженеров рассмотрено на примере преподавания учебной дисциплины «Методы исследования микро- и наносистем». Сформулированы задачи курса, исследованы возможности развития исследовательских умений на лекциях, практических занятиях и при выполнении лабораторных работ. Подробно рассмотрен пример организации лабораторной работы «Приготовление микрошлифов». Дано описание уровней сформированности исследовательских умений, приобретаемых в ходе ее выполнения. Представлен анализ результатов опроса студентов, который выявил их положительное отношение к изучению учебной дисциплины и понимание ее полезности для будущей профессии.*

**Ключевые слова:** инженерное образование, материаловедение, исследовательские умения, методика преподавания.

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

### Введение

В современном высокотехнологичном обществе инженерная деятельность приобретает особое место в культуре. В связи с этим актуализируется проблема подготовки инженерных кадров, ориентированных на потребности

---

<sup>1</sup>*Косарева Наталья Васильевна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология материалов, стандартизация и метрология».*

<sup>2</sup>*Кузнецова Елена Васильевна, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры «Прикладная математика».*

инновационного развития производства [1–2]. Значительное место в подготовке востребованного компетентного инженера занимает материаловедение. Ни одно производство не обходится без исследований и контроля материалов в ходе технологического процесса. Каким из свойств заготовок и продукции (физических, механических, технологических, эксплуатационных) отдается предпочтение, зависит от характера производства и свойств выпускаемой продукции. Кроме того, если в ходе производственного процесса появляется бракованная продукция, то для решения вопросов об устранении брака обязательно привлекут материаловедов. Сегодня наука «Материаловедение» постоянно развивается, совершенствуется, усложняется, разрабатывает новые материалы как для простых объектов бытового назначения, так и для объектов эксклюзивных. С одной стороны, жизнь продвигает исследования в различных областях науки – физике, химии, информатике и других, что требует необходимости разработки новых приборов с особыми материалами для более точных научных исследований. С другой стороны, развитие необходимых современному миру самолетостроения, космонавтики, атомной энергетики и других требует материалов с уникальными свойствами с целью разработки новых технологических процессов для непосредственного применения. Вследствие этого преподавание материаловедения требует постоянного совершенствования, однако в современной научной литературе найдется не так много исследований на данную тему. Примеры исследований с научно-технологической и педагогической точек зрения вопросов преподавания науки о материалах можно найти в [3–4]. В статье [5] выделены проблемы преподавания материаловедения, определены роль и место материаловедения в структуре подготовки современного инженера, сформулированы цели, средства, методы, результаты и принципы преподавания данной учебной дисциплины в техническом вузе. Прежде всего следует отметить в профессиональной деятельности материаловеда необходимость синтеза практических и исследовательских навыков: материаловедам нельзя догматично указывать на порядок действий. В процессе подготовки, проведения и анализа экспериментов и исследований объяснение полученных результатов и выводы материаловеда в каждом конкретном случае делает самостоятельно. Вследствие этого проблема развития исследовательских умений в процессе преподавания материаловедения приобретает особую актуальность.

## **1. Обзор литературы**

Исследовательская составляющая и проблемы ее формирования постоянно находятся в поле зрения современных исследователей и педагогов-практиков. Описание основ активного обучения для повышения исследовательских навыков студентов инженерных специальностей представлено в [6].

Модель для формирования исследовательской компетенции, педагогические и учебные рекомендации представлены в [7]. Эмпирическое исследование эффективности преподавания, направленного на развитие исследовательских навыков, рассмотрено в [8]. В статье [9] представлено качественное исследование, которое выявило несоответствие между подготовленностью выпускников и ожиданиями работодателей, особенно в том, что касается ориентации выпускников на обучение и выработку навыков исследования. То есть формирование исследовательских навыков требует постоянного внимания и совершенствования.

Педагогические условия, обеспечивающие успешное включение исследовательской деятельности в процесс обучения, сформулированы в [10]. Это:

- лично-ориентированный подход к обучению;
- включение задачи формирования исследовательской компетентности в содержание образования;
- использование активных, проблемных методов обучения;
- разработка и использование в учебном процессе специальных комплексов исследовательских задач, лабораторных работ, индивидуальных заданий для самостоятельной работы исследовательского характера;
- постепенное усложнение предлагаемых задач и усиление требований к качеству исследования;
- предоставление (по мере развития исследовательских умений и приобретения опыта исследовательской деятельности) большей самостоятельности и свободы в выборе целей, средств и методов решения проблем, переход от ориентировочной основы действий второго рода к ориентировочной основе действий третьего рода;
- поэтапный переход от контроля и оценки со стороны преподавателя к самоконтролю и самооценке.

Однако следует заметить, что исследовательская деятельность инженера имеет ряд особенностей. Не случайно российский философ В.Г. Горохов писал: «Часто инженера определяют как специалиста с высшим техническим образованием. Но инженер должен уметь нечто такое, что невозможно охарактеризовать словом «знает». Он должен обладать еще и особым типом мышления, отличающимся как от обыденного, так и от научного» [11]. О.О. Горшкова в своем диссертационном исследовании подчеркивает: «Исследовательская деятельность инженера нами рассматривается как процесс целенаправленного, активного взаимодействия человека с реальным или моделируемым объектом, ориентированный на получение нового знания в соответствии с интеллектуальными запросами личности и социума» [12]. Кроме того, авторами статьи [13] было выявлено различие в подходах работодателей к определению исследовательской компетентности инженера: «Если НИИ делают упор на навыки научной коммуникации, владение методами проведения

исследования, то собственно производственные предприятия – на работу с оборудованием и умения применить теоретические знания и методы, а также опыт, полученный в ходе научно-исследовательской работы, на практике». То есть в отличие от гуманитариев инженер должен также уметь работать руками, грамотно обращаться с современными приборами и материалами.

## **2. Материалы и методы**

В процессе исследования применялись следующие методы: анализ научной и методической литературы, изучение российской и зарубежной научной периодики, изучение образовательных стандартов, учебников, учебных пособий, рабочих программ, педагогическое наблюдение, педагогический эксперимент, интервью, обобщение педагогического опыта.

## **3. Результаты исследования**

Преподавание учебной дисциплины «Методы исследования микро- и наносистем» по направлению подготовки 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов» предоставляет широкие возможности для формирования исследовательских умений будущих инженеров. Данный курс опирается на требования общепрофессиональной компетенции ОПК-2, которая предполагает развитие «способности использования в профессиональной деятельности знания о подходах и методах получения результатов в теоретических и экспериментальных исследованиях». Для преподавателя задача поставлена сложная, так как дисциплина преподается на 1-м курсе, когда у студентов еще нет знаний и понятий о специальности и предмете. В статье [13] показано, что развитие у инженеров способности к научно-профессиональной деятельности зависит от уровня их академической подготовки и мотивации научно-исследовательской деятельности. Поэтому для того, чтобы получить высокие результаты при обучении и заразить интересом к специальности, необходимо:

- показать востребованность специальности;
- развивать заинтересованность и обязательность в получении качественных результатов;
- показать важность качественного и точного исследования свойств и структуры объекта с многократным повторением проверок, так как на предприятиях невнимательность исследователя может привести к поломкам, браку, возникновению опасности для жизни тех, кто связан эксплуатацией приборов и механизмов;
- научить собирать и концентрировать полученные знания, развивать наблюдательность и сообразительность при выполнении исследований, так как в большинстве случаев материаловед сам решает, где и как вырезать образец для исследования и контроля, в каких условиях его испытывать.

Исследовательская составляющая присутствует на каждой лекции по курсу, в лабораторных работах, на практических занятиях. Исследовательские умения, сформированные на лекциях, – это теоретические основы изменения внутреннего строения и связанных с ним изменений свойств материалов. Они помогают понять и усвоить происходящие в материале процессы при нагреве, охлаждении, обработке давлением и т. д. Все эти процессы дают определенный результат, положительный или отрицательный, с точки зрения необходимых свойств. Практические занятия позволяют узнавать то, что не сказано на лекциях, получать дополнительные знания, решать практические задачи, изучать с исследовательской точки зрения ГОСТы – почему они задают именно такие условия, например размеры образцов, место их вырезки, толщину закаленного слоя и т. д. «Зачем», «почему», «как» – это постоянные вопросы, сопровождающие любое занятие. Лабораторные работы, аккумулируя все накопленные знания, дают уже непосредственно исследовательские навыки, дают возможность самим проводить эксперимент, наблюдать, пробовать, анализировать результат, работать над ошибками. Иными словами, лабораторные работы включают теоретические и экспериментальные исследования, обработку результатов, их осмысление и выводы. Каждая лабораторная работа представляет собой самостоятельное исследование, которое позволяет получить навыки по многим направлениям:

- теоретическое обоснование и ознакомление с соответствующей литературой по изучаемому вопросу;
- изучение устройства и возможностей оборудования, приемов работы с учетом техники безопасности;
- обоснование применяемых материалов и реактивов, изучение химических веществ и правил их составления и использования;
- владение методиками выполнения задания.

Одно дело – прочитать, как надо делать, другое дело – выполнить это самому. Цель любой лабораторной работы начинается словами «изучить», «исследовать», «научиться». Это очень емкие слова, за которыми стоит большая и серьезная работа: теоретическая подготовка, подготовка и проведение эксперимента, заполнение таблиц, построение графиков, объяснение этих графиков, формулирование выводов. Обязательными составляющими исследовательской работы являются аккуратность, внимание, наблюдательность, умение правильно оформить результаты экспериментов. Все эти качества постоянно присутствуют на занятиях.

Рассмотрим процесс формирования исследовательских умений инженера на примере лабораторной работы «Приготовление микрошлифов» [14].

По классическому определению «Материаловедение» – наука, изучающая связь между химическим составом, внутренним строением и свойствами материалов, закономерностями изменений свойств от внешних физико-

химических воздействий. Это значит, что внутреннее строение материала, а именно структура, является определяющей для получения эксплуатационных свойств. Различают свойства, которые очень сильно зависят от строения материала, – структурночувствительные, и свойства, которые не зависят от структуры. Структурночувствительными являются главные свойства: 1) механические (твёрдость, прочность, пластичность и др.); 2) эксплуатационные (износостойкость, антифрикционность и др.). Значения этих свойств выражаются в производстве и в жизни количественным числом. А значит, и структура должна быть охарактеризована определенным набором цифр для использования и сравнения. Для этого в материаловедении структуру рассматривают под микроскопом и дают характеристику по соответствующим ГОСТам и правилам, общепринятым в международной практике, чтобы любому специалисту, связанному с производством продукции, было понятно, какая структура получена и каких свойств от нее можно ожидать. Чтобы посмотреть структуру под микроскопом, необходимо специальным образом обработать образец, чтобы получить шлиф – шлифованную поверхность образца металла, приготовленную для исследования его структуры. Изготовление шлифов состоит из нескольких этапов: 1) правильно и в нужном месте отрезать образец; 2) отшлифовать, потом отполировать по определенным законам и правилам; 3) произвести травление специальным травителем, зависящим от металла или сплава. Дело требует определенной последовательности действий, аккуратности, терпения. Например, при шлифовании при переходе на более мелкую шкурку необходимо обязательно протереть образцы ваткой, чтобы на поверхности не остались крупные зерна абразива, так как они могут поцарапать поверхность образца при дальнейшей обработке, и т. д. У каждого этапа есть свои правила и законы, которые необходимо неукоснительно соблюдать. Только при выполнении всех правил и требований можно получить хорошие шлифы для дальнейшего анализа структуры, дачи рекомендаций с целью улучшения качества изделий и заключений о причинах возникновения брака или аварий. Основная задача (очень трудная) состоит в том, чтобы добиться понимания студентами уже на 1-м курсе нужности, важности, востребованности своей будущей профессии, необходимости получения высокого качества результатов выполняемых работ, ответственности за характеристику структуры и заключение по возникшей на производстве проблеме. Когда студенты своими руками шлифуют, полируют, промывают, протирают, производят травление, то даже эти начальные практические навыки вызывают у них большой интерес и желание сделать что-то еще. Одни выполняют работу старательно, по правилам, контролируя каждый этап. Другие относятся к заданию небрежно. По окончании изготовления шлифов студенты осуществляют взаимную проверку шлифов друг у друга, определяют недостатки, объясняют ошибки, оценивают качество шлифов, ставят оценки друг другу.

Каждый студент внимательно просматривает 6–8 шлифов и по каждому дает заключение, отмечает положительные и отрицательные моменты. И сразу становится ясно, кто и как работал. И это еще один важный момент для воспитания студентов, показывающий, что на каждом этапе надо работать сосредоточенно, аккуратно и по правилам. Для закрепления исследовательских умений в конце занятий проводится обсуждение результатов работы. Оценка ставится по совокупности ответов на теоретические и практические вопросы по теме с учетом качества приготовленных шлифов. Практическую ценность выполнения этой работы можно охарактеризовать по двум аспектам: 1) приобретение навыков и умений, освоение приемов и способов профессионально-исследовательской деятельности: уметь шлифовать и полировать образцы, составлять травитель, выявлять структуру сплава, рассматривать ее под микроскопом, правильно маркировать и хранить шлифы; 2) применение и закрепление знаний, полученных теоретическим путем: изучение и фиксирование литературных источников и справочников для выбора травителей, понимание принципов работы оборудования, изучение правил техники безопасности при изготовлении шлифов.

Опишем уровни сформированности исследовательских умений при выполнении лабораторной работы «Приготовление микрошлифов».

*Пороговый.* Знает теорию и порядок операций при изготовлении шлифов. Знает технику безопасности при изготовлении шлифов. Понимает, как надо правильно шлифовать, полировать, травить шлиф. Может изготовить шлиф с помощью лаборанта.

*Продвинутый.* Осознанно, с пониманием, строго следуя всем правилам, выполняет задание, правильно сушит изготавливаемый образец. Самостоятельно может настроить микроскоп и оценить качество шлифа перед травлением и готового.

*Повышенный.* Знает литературу и справочники с режимами изготовления шлифов и травителями для разных металлов и сплавов. Может самостоятельно определить режим шлифования и полирования, выбрать травитель в зависимости от задания, применяя микроскоп, изучить образец и охарактеризовать структуру количественно и качественно.

По результатам защиты было определено, что из 22 человек пороговый уровень имеют 6 человек (27,2 %), продвинутый – 13 человек (59,2 %) и повышенный – 3 человека (13,6 %).

Как отмечают А.М. Новиков и Д.А. Новиков, важнейшую роль в организации продуктивной деятельности играет рефлексия: оценка субъектом себя, других людей, результатов своей деятельности, оценка субъекта и его деятельности другими людьми [15]. Для преподавателя также важно знать мнение студентов об учебном процессе. Поэтому для организации обратной связи и формирования способности к рефлексии студентам было предложено

в письменной форме кратко изложить свои впечатления о проделанной работе: чему они научились, что им понравилось (или не понравилось), какие были трудности при выполнении работы. Опрос проводился после того, как работа была сдана и получены оценки.

Приведем наиболее типичные выдержки из полученных эссе, сохраняя стиль изложения. *Анастасия П.*: «Воспоминания о лабораторной работе самые яркие и красочные. Это было очень интересно незабываемо. Когда я впервые вошла в кабинет, в котором проводилась лабораторная работа, меня охватило большое удивление – такого количества различных приборов я никогда не видела: микроскопов, измерительных устройств. Сам процесс проведения лабораторной работы был очень увлекательным и занимательным. Мне было интересно познакомиться со способом обработки образца, изучением его микроструктуры». *Мария Ф.*: «На первой лабораторной работе мы изготавливали шлифы. Мне этот процесс очень понравился, было интересно и занимательно. Для общего развития очень хорошо. С помощью лабораторной работы я узнала процесс изготовления, какие были особенности и нюансы. Я считаю, что эти лабораторные работы нужны. Ведь студентам хочется не только сидеть за партой и учить теорию, но и практически изучать. Ведь так процесс лучше запоминается, и гораздо интереснее. Я бы хотела еще раз рассматривать этот процесс. Мне очень понравилось, ведь в первый раз у меня получилось неплохо». *Андрей Б.*: «Узнал много нового. С радостью хотел бы испытать эти переживания еще раз. Было очень интересно». *Михаил Х.*: «Во время проведения работы царил дружеская атмосфера, но при этом шел активный процесс получения знаний в области обработки шлифа, травления и также по структуре металла». *Анна В.*: «Лабораторная работа была полезной. Считаю, что нужно проводить такие занятия с практикой чаще, т. к. это наработка опыта, которого недостает в университете. Иначе потом, на заводе, наши знания будут без хорошей практики».

Обобщая результаты опроса, следует перечислить основные моменты, отмеченные студентами в их ответах. Ценность: познакомились с основой специальности – изучением микроструктур. Впечатления очень яркие. Это были первые знания по специальности. Приступили к выполнению с приподнятым настроением. Было очень интересно, любопытно, увлекательно. Начали делать, хотелось узнать, что получится. Само выполнение, т. е. изготовление шлифов, было непростым. Работа состояла из нескольких этапов, и надо было быть все время в напряжении, быть внимательным, чтобы ничего не перепутать, сделать все правильно и качественно на каждом этапе, чтобы не испортить предыдущую работу. Но процесс изготовления шлифов очень понравился, так как захватывал. Особенно интересно было рассматривать структуру готовых шлифов под микроскопом. У всех был свой образец – кусочек металла одного цвета, а под микроскопом оказались разные структуры, много

интересного. У многих написано, что эта работа их сплотила, сделала единым целым. Переживали и помогали друг другу, подсказывали, предупреждали. А потом с интересом рассматривали и обсуждали качество работы каждого. Все выразили желание выполнить эту работу еще раз с более осознанным, качественным, тщательным отношением к работе. Некоторые писали, что приобретенные знания пригодились им на других предметах и в быту. Следует отметить, что результаты опроса согласуются с мнением зарубежных ученых, которые отмечают, что инженерному мышлению присущи такие качества, как системность, креативность, оптимизм, сотрудничество, коммуникабельность, открытость новому, любознательность [16], что подтверждает достоверность проведенного исследования и эффективность разработанной методики обучения, направленной на формирование способности применять полученные знания в теоретических и экспериментальных исследованиях.

### **Заключение**

Профессиональная деятельность современного материаловеда невозможна без умения проводить теоретические и экспериментальные исследования. Учебная дисциплина «Методы исследования микро- и наносистем», преподаваемая на первом курсе, открывает студентам, обучающимся по направлению подготовки 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов», мир их будущей специальности, а лабораторная работа «Приготовление микрошлифов» позволяет сделать первые шаги по ее освоению. При проведении работы главное внимание уделялось развитию тех исследовательских умений, которые составляют основу для проведения эмпирических исследований в области материаловедения, формируют способность и готовность работать с приборами и экспериментальными образцами. Все студенты справились с предложенным заданием: 27,2 % продемонстрировали пороговый уровень, 59,2 % – продвинутый и 13,6 % – повышенный. В своих эссе, написанных после выполнения задания, студенты отметили необходимость подобного вида работ, их полезность для будущей профессии и общего развития. Полученные умения в области проведения экспериментальных исследований, интерес к предмету, положительное отношение студентов к изучаемой дисциплине и будущей специальности создает основу для последующего формирования компетентного материаловеда.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Прохоров В.А. Проект инновационного инженерного образования // Инженерное образование. – 2016. – № 19. – С. 21–24.
2. Чучалин А.И. Модернизация экономики и повышение качества инженерного образования // Alma mater. – 2011. – № 11. – С. 12–18.

3. *Flores-Morales P., Campos-Requena V.H., Gatica N. et al.* Teaching Polymer Science in the Department of Polymers at the University of Concepcion, Chile: A Brief History // *Journal of chemical education*. 2017. Vol. 94. No. 11. Pp. 1702–1713. DOI: 10.1021/acs.jchemed.7b00212.
4. *Carriazo J.G., Saavedra M.J., Molina M.F.* Hacia donde Debe Dirigirse la Enseñanza de la Ciencia de Materiales? / Where Should the Teaching of Materials Science Be Directed? // *Educación Química*, 2017. Vol. 28(2). P. 107–115.
5. *Косарева Н.В., Кузнецова Е.В.* О проблемах подготовки современных инженеров в области материаловедения: методический аспект // *Вестник Самарского государственного технического университета. Сер. Психолого-педагогические науки*. – 2018. – № 2 (38). – С. 52–64.
6. *Baekgaard L., Lystbaek C.T.* Learning to Do Knowledge Work: A Framework for Teaching Research Design in Engineering Education // *International journal of engineering education*. 2019. Vol. 35(1). P. 333–344.
7. *Eucario Parra-Castrillon J.* Construction of the research skill in engineering // *Revista educacion en ingenieria*. 2018. Vol. 13(25). P. 12–19.
8. *Missingham D., Shah S., Sabir F.* Student engineers optimising problem solving and research skills // *Journal of university teaching and learning practice*. 2018. Vol. 15(4) Article 8.
9. *Ain C.T., Sabir F., Willison J.* Research skills that men and women developed at university and then used in workplaces // *Studies in Higher Education*. 2018. DOI: 10.1080/03075079.2018.1496412
10. *Кузнецова Е.В.* Некоторые аспекты организации исследовательской деятельности студентов математических специальностей // *Преподаватель XXI век*. – 2014. – № 3–1. – С. 55–64.
11. *Горохов В.Г.* Эволюция инженерии: от простоты к сложности. – М.: Институт философии РАН, 2015. – 201 с.
12. *Горикова О.О.* Подготовка студентов к исследовательской деятельности в контексте компетентностно-ориентированного инженерного образования: дис. ... д-ра пед. наук / Федер. ин-т развития образования. М., 2016. – 394 с.
13. *Федорова М.А., Цыгулева М.В.* Представление работодателя о значимых научно-исследовательских компетенциях выпускников инженерных вузов // *Вестник Сибирского института бизнеса и информационных технологий*. – 2017. – № 3. – С. 89–96.
14. *Косарева Н.В.* Начало микроструктурного анализа: учебно-методическое пособие по выполнению лабораторных работ по курсам материаловедения. – Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2012. – 80 с.
15. *Новиков А.М., Новиков Д.А.* Методология. – М.: СИНТЕГ, 2007. – 668 с.
16. *Lucas B., Hanson J.* Thinking like an engineer: Using engineering habits of mind and signature pedagogies to redesign engineering education // *International Journal of Engineering Pedagogy*. 2016. V 6. N 2. P. 4–13.

Поступила в редакцию 05.12.2018  
В окончательном варианте 11.02.2019

**FORMATION OF RESEARCH SKILLS OF FUTURE ENGINEERS  
IN THE PROCESS OF STUDYING MATERIAL SCIENCE***N.V. Kosareva<sup>1</sup>, E.V. Kuznetsova<sup>2</sup>*<sup>1</sup>Yaroslavl State Technical University<sup>1</sup>88, Moskovskiy Prosp., Yaroslavl, 150023, Russia<sup>1</sup>E-mail: nataliacosareva@yandex.ru<sup>2</sup>Lipetsk State Technical University<sup>2</sup>30, Moskovskaya St., Lipetsk, 398600, Russia<sup>2</sup>E-mail: eva351@yandex.ru**ABSTRACT**

*The need to constantly improve the quality of training of engineers and insufficient attention to the problems of teaching technical subjects in universities determine the relevance of this study. Today, with the rapid development of technique and technology, research skills are necessary for each specialist. However, an engineer needs not only to possess common research methods but also to be able to competently conduct experiments using modern complex equipment and materials. The article considers the formation of research skills of future engineers on the example of teaching the academic discipline “Methods of research of micro- and nano-systems”. The authors formulated the objectives of the course and investigated the possibilities of developing research skills in lectures, practical classes and laboratory work. An example of the organization of the laboratory work “Preparation of micro-sections” is considered in detail. After performing the laboratory work the students’ survey was conducted. Students were asked to briefly describe in writing their impressions of the work done: what they learned, and what they liked (or did not like), what difficulties they had in doing the work. In their essays, students noted the need for this type of work and usefulness for the future profession and general development. Analysis of the survey results is consistent with the findings of foreign scientists, who note that modern research engineers have such qualities of thinking as creativity, consistency, optimism, cooperation, communication skills, and openness to the new, curiosity. This fact confirms the effectiveness of the developed teaching methods for growing the research skills of future engineers.*

**Key words:** *engineering education, materials science, teaching methods, research skills.*

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

---

<sup>1</sup>*Natalia V. Kosareva, Cand. Tech. Sci., Associate Professor of Materials Technology, Standardization and Metrology Department.*

<sup>2</sup>*Elena V. Kuznetsova, Cand. Phys. and Math. Sci., Associate Professor of the Department of Applied Mathematics.*

## REFERENCES

1. *Prohorov V.A.* Proekt innovacionnogo inzhenerenogo obrazovaniya [The project of innovative engineering education]. *Inzhenernoe obrazovanie*. 2016, no. 19, pp. 21–24.
2. *Chuchalin A.I.* Modernizaciya ehkonomiki i povyshenie kachestva inzhenerenogo obrazovaniya [Modernization of the economy and improving the quality of engineering education]. *Alma mater*. 2011, no. 11, pp. 12–18.
3. *Flores-Morales P., Campos-Requena V.H., Gatica N. et al.* Teaching Polymer Science in the Department of Polymers at the University of Concepcion, Chile: A Brief History // *Journal of chemical education*. 2017. Vol. 94 (11). P. 1702–1713. DOI: 10.1021/acs.jchemed.7b00212.
4. *Carriazo J.G., Saavedra M.J., Molina M.F.* Hacia donde Debe Dirigirse la Enseñanza de la Ciencia de Materiales? / Where Should the Teaching of Materials Science Be Directed? // *Educación Química*, 2017. Vol. 28(2). P. 107–115.
5. *Kosareva N.V., Kuznetsova E.V.* O problemah podgotovki sovremennyh inzhenerov v oblasti materialovedeniya: metodicheskij aspekt [On the problems of training modern engineers in the field of materials science: methodical aspect]. *Vestnik Samarskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Psihologo-pedagogicheskie nauki*. 2018, no. 2 (38), pp. 52–64.
6. *Baekgaard L., Lystbaek C.T.* Learning to Do Knowledge Work: A Framework for Teaching Research Design in Engineering Education // *International journal of engineering education*. 2019. Vol. 35(1). P. 333–344.
7. *Eucario Parra-Castrillon J.* Construction of the research skill in engineering // *Revista educacion en ingenieria*. 2018. Vol. 13(25). P. 12–19.
8. *Missingham D., Shah S., Sabir F.* Student engineers optimising problem solving and research skills // *Journal of university teaching and learning practice*. 2018. Vol. 15(4). Article 8.
9. *Ain C.T., Sabir F., Willison J.* Research skills that men and women developed at university and then used in workplaces // *Studies in Higher Education*. 2018. DOI: 10.1080/03075079.2018.1496412
10. *Kuznetsova E.V.* Nekotorye aspekty organizacii issledovatel'skoj deyatel'nosti studentov matematicheskikh special'nostej [The evolution of engineering: from simplicity to complexity]. *Prepodavatel' XXI vek*. 2014, no. 3–1. P. 55–64.
11. *Gorohov V.G.* Evolyuciya inzhenerii: ot prostoty k slozhnosti [The evolution of engineering: from simplicity to complexity]. Moscow: Institut filosofii RAN, 2015. 201 p.
12. *Gorshkova O.O.* Podgotovka studentov k issledovatel'skoj deyatel'nosti v kontekste kompetentnostno-orientirovannogo inzhenerenogo obrazovaniya [Preparing students for research activities in the context of competence-oriented engineering education]. *dis. d-ra ped. Nauk*. Moscow, 2016. 394 p.
13. *Fedorova M.A., Cyguleva M.V.* Predstavlenie rabotodatelya o znachimyh nauchno-issledovatel'skih kompetenciyah vypusknikov inzhenernyh vuzov [Representation of the employer about the significant research competencies of graduates of engineering universities]. *Vestnik Sibirskogo instituta biznesa i informacionnyh tekhnologij*. 2017, no. 3, pp. 89–96.

14. *Kosareva N.V.* Nachalo mikrostrukturnogo analiza: uchebno-metodicheskoe posobie po vypolneniyu laboratornyh rabot po kursam materialovedeniya [The beginning of the microstructural analysis: a teaching aid for the implementation of laboratory work on materials science courses]. Yaroslavl: Edited by YAGTU, 2012. 80 p.
15. *Novikov A.M., Novikov D.A.* Metodologiya [Methodology]. Moscow: SINTEG, 2007. 668 p.
16. *Lucas B., Hanson J.* Thinking like an engineer: Using engineering habits of mind and signature pedagogies to redesign engineering education // International Journal of Engineering Pedagogy. 2016, vol. 6, no. 2, pp. 4–13.

Original article submitted 05.12.2018

Revision submitted 11.02.2019