УДК 378.02
ББК Ч448.47
DOI: 10.14529/ped180212

КРЕАТИВНАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ ИНЖЕНЕРНОГО МЫШЛЕНИЯ: ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

А.Ю. Рожик
Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, Россия

Специальность инженера в России сегодня необходимо сохранить и развивать. Конкурентность, независимость, безопасность государства – это его люди, учёные, специалисты, идеи, продукт, который они конструируют и производят. Некоторые отечественные технологические разработки уже сегодня составляют конкуренцию на мировом рынке. Для того, чтобы эти разработки состоялись, необходимы новые подходы и пути в подготовке будущих инженеров. Ученые и практики, например, выделяют в настоящее время понятие «инженерное мышление» – тип мышления, который поможет решать профессиональные задачи будущим специалистам, а так же качества мышления, необходимые для эффективной деятельности. Одним из таких качеств мышления может являться креативность. В статье представлены результаты теоретического и экспериментального исследования креативности. Дан краткий обзор точек зрения учёных об актуальности развития «инженерного мышления» у инженеров, в частности, одной из его составляющих – креативности. Представлены структура и понятие инженерного мышления. Даны результаты анализа его компонентов с помощью системно-синергетического подхода. Это позволило, во-первых, дать характеристику структуры инженерного мышления, его компонентов, связей между ними и их функций, а во-вторых, раскрыть место и роль креативности в инженерном мышлении. Для экспериментального исследования креативности была использована методика диагностики студентов и взрослых – тест креативности Э. Торренса. В экспериментальном исследовании приняли участие студенты 3-го курса технических направлений ЮУрГУ. Результаты эксперимента показали, что большинство студентов имеют средний уровень креативности. Выделение на теоретическом уровне значимости креативности в настоящее время у будущих инженеров позволяет утверждать, что имеет смысл в дальнейшем развивать данное качество у студентов.

Ключевые слова: инженерное мышление, структура инженерного мышления, креативность в структуре инженерного мышления, системно-синергетический поход, подготовка будущих инженеров, теоретическое и экспериментальное исследование креативности.

«Наша эпоха больше всего нуждается в воспитании мышления, способного открывать новое и приходить к новым обобщениям в непрерывно меняющейся ситуации. Эти творческие способности – одно из самых драгоценных свойств человека».

А.В. Брушлинский[1]

1. Актуальность проблемы

В настоящее время подготовка будущих инженерных кадров в России становится одной из важных тем обсуждения. Грамотные и квалифицированные специалисты, способные решать научные и практические проблемы отечественного производства и промышленности, являются фактором, определяющим технологическую и экономическую безопасность государства. Значимость потребности в выпускниках вуза, способных работать в изменяющихся условиях, определяет, в свою очередь, заинтересованность в развитии отечественной системы образования, а также заинтересованность в сохранении традиций отечественной инженерной школы. И такая заинтересованность учёных и практиков отмечается уже сегодня и проявляется как

[1]Брушлинский А.В. Субъект: мышление, учение, воображение. Избранные психологические труды. 2-е изд., испр. М.: Изд-во Моск. психол.-соц. ин-та; Воронеж: Изд-во НПО «МОДЭК», 2003. 408 с.

на государственном уровне, так и на уровне научного сообщества. Подтверждение этому – проведение в последнее время в России ряда государственных и научных мероприятий, связанных с обучением и подготовкой будущих кадров. Например, на прошедшем в МГУ 27 июня 2017 года совместном заседании руководителей, членов РАН и совета ректоров России [21, 22], где были подняты актуальные вопросы современного образования и развития личности, была отмечена заинтересованность учёных в развитии отечественной системы образования. Президент Российского союза ректоров – ректор МГУ, академик В.А. Садовничий напомнил об исторической связи РАН и университетов, о важности передачи Академии наук знаний университетам. На заседании была затронута проблема формирования мышления у молодёжи в настоящее время. Академик В.А. Бетелин указал на формировании у молодёжи «клипового», «кнопочного» мышления, которое является следствием чрезмерного использования гаджетов. Как итог – молодое поколение в дальнейшем не может воспринимать тексты, читать книги [21, 22]. О необходимости подготовки инженерных кадров для промышленности и экономики страны было сказано в ноябре 2017 года в ЮУрГУ (Челябинск) на Форуме ректоров вузов России и Казахстана [27, 28, 50]. В частности, ректор МГУ В.А. Садовничий, обобщая итоги и предложения Форума, указал на значимость подготовки инженерных кадров и системы отечественного образования. «Мы никогда не сможем конкурировать с практиками, имея в виду западную модель образования, практику всегда можно освоить, но фундаментальность нашего образования мы должны сохранять, это и есть наше конкурентное преимущество», – отметил В. Садовничий [27, 28, 50]. Также В.А. Садовничий отметил немаловажную роль гуманитарных знаний в образовании.

Укрепление научного потенциала и технологического уклада, знаний как важного ресурса страны явилось темой обсуждения заседания Совета по науке и образованию, которое прошло в День Российской науки – 8 февраля 2018 года, в Новосибирске. На значимость собственных идей, кадров и исследовательской инфраструктуры обратил внимание президент Курчатовского института М.В. Ковальчук [32]. О роли знаний, компетенций, технологий как главного преимущества любого государства было обозначено в Послании президента РФ Федеральному Собранию (1 марта 2018 года). Президентом В.В. Путиным было указано на необходимость повышения уровня подготовки выпускников технических направлений, поставлены задачи перед системой образования, а именно возродить систему профессионального образования, где должна вестись качественная подготовка будущих рабочих кадров и одновременно с этим должна быть начата подготовка в системе высшего образования специалистов с инженерным образованием. Также президентом было указано на возрождение наставничества [31].

Таким образом, и государственная политика, и интересы учёных направлены на развитие отечественной системы инженерного образования.

Как уже было отмечено, в настоящее время обращается внимание на важность и значение гуманитарных знаний в развитии общества, государства и технического образования. Например, М.Б. Пиотровский подчеркивает роль гуманитарных наук, которые являлись и являются интеллектуальным, политическим и конкурентным преимуществом страны [8]. Президент НИЦ Курчатовского института М.В. Ковальчук указывает на то, что для подготовки технического специалиста в настоящее время необходимо знание основ психологии [1].

Наряду с задачами развития отечественной системы инженерного образования и использования гуманитарных наук в подготовке специалистов, в настоящее время наблюдается потребность в выделении необходимого набора качеств, свойств, компетенций, факторов, способствующих подготовке специалистов инженерного направления. Анализ выступлений и публикаций ведущих учёных позволяет выделить наиболее значимые из них. Например, А.И. Рудской, выделяя набор требований, которым должны обладать инженеры будущего, указывает на такие, как глубокие знания в области инженерных технологий, способность творчески применять знания из математики, естественных наук и прикладных дисциплин, способность к инновациям и системному мышлению [36]. В аналитических материалах Государственной Думы указывается, что подготовкой инженеров в настоящее время должны стать способы мышления и деятельности [38]. В парламентских слушаниях Совета Федерации РФ говорится о том, что особый акцент необходимо сделать на

оборонно-промышленный комплекс, так как наиболее востребованные кадры именно в этом сегменте [15]. На пресс-конференции «Подготовка инженерных кадров: профессии будущего», которая состоялась в ТАСС (май 2016), ректорами ведущих вузов страны обсуждались вопросы влияния Национальной технологической инициативы на формирование рынка труда. Итогом стало утверждение о том, что в России нехватка творческих технарей, поэтому востребованной компетенцией скоро будет творческое техническое мышление [39].

На креативность как важную составляющую инженерного мышления, которой должны обладать будущие инженеры, указывают и отечественные и зарубежные исследователи. Например, Я.Л. Либерман, О.А. Лукашук, Д.С. Кошелева отмечают, что для результативности деятельности инженеру необходимо обладать креативностью [3, 23]. Аналогичной точки зрения придерживаются М.М. Зиновкина и Р. Гареев [13]. Креативность как успешность деятельности выделяют также С.Г. Кукушкин, М.В. Лукьяненко, Н.П. Чурляева [19]. Н.И. Куприянычева и Э.Б. Куприянычева указывают, что для успешной профессиональной деятельности будущий инженер, помимо креативности, должен обладать неконформностью и интегративностью мышления [20]. В.И. Лившиц определяет креативность в технологическом разрезе, как смекалку, т. е. способность достигать цели, находить выход из тупиковой ситуации, используя обстановку, объекты и обстоятельства необычным способом. Для креативности, указывает автор, свойственны гибкость подходов и стратегий, способность сопротивляться стереотипам [24].

Другая группа исследователей указывает на другие составляющие, необходимые будущему инженеру. Например, А.А. Добряков и В.П. Печников указывают на интуицию как на необходимое качество инженера [7]. В.А. Шайкина, Д.А. Мустафина, И.В. Ребро выделяют инженерное мышление [47]. О.А. Захарова, Л.В. Черкесова, Б.А. Акишин, Н.Ю. Богданова, О.Н. Манаенкова определяют основополагающими факторами развития цивилизации инженерный стиль мышления, технический склад ума. Исследователи указывают на то, что немногие люди имеют инженерный склад ума и способности к интенсивной мыслительной деятельности от рождения [46].

Sh. Woks, N. Sabag, E. Trotskovsky (Израиль), рассматривая вопрос развития инженерного мышления, выделяют типы мышления – научное мышление и инженерное мышление, и считают, что для каждого из них характерны свои особенности. Например, для инженерного типа мышления характерны креативность, толерантность в отношении идей и работа в команде [51]. B. Lukas, J. Hanson (Англия), рассматривая понятие «инженерный склад ума», при характеристике его структуры выделяют креативность как одну из её составляющих [52].

Краткий анализ выступлений и публикаций позволяет сделать вывод, что интересы государства и учёных не только в России, но и в других странах, направлены на развитие и сохранение системы инженерного образования, на необходимость разработки современной модели выпускника инженерного направления, которая будет соответствовать требованиям предприятий, делающим заказ на специалистов высокого уровня.

В России в настоящее время для создания конкурентного государства и решения вопросов импортозамещения, для подготовки будущего специалиста инженерного направления необходимы новые компетенции и новые составляющие. Одной из таких составляющих может явиться креативная составляющая, на которую указывает большинство ученых и исследователей. В связи с этим определяется актуальность подготовки отечественных инженерных кадров, где, кроме технической, будет и гуманитарная подготовка, а одной из значимых компетенций будет являться креативность. Несмотря на выделенную значимость, выделяется противоречие в разрыве между теорией и практикой – в отсутствии чётко разработанной модели инженера и разработанных профессиональных компетенций. Данное противоречие было выявлено при анализе нормативно-правовых документов – федеральных государственных образовательных стандартов (ФГОСы), профессиональных стандартов и учебных планов, предназначенных для подготовки студентов технических направлений [11, 33, 34, 41–45].

Выявленное несоответствие между теорией и практикой, раскрытое в ходе анализа документов, рассмотрим на примере трёх направлений подготовки студентов высшей школы электроники и компьютерных наук (табл. 1).

Таблица 1

Пример анализа некоторых направлений подготовки студентов ВШЭКН

№	Направление подготовки	Код направления	Уровень подготовки
1	Системы управления движением и навигация	24.03.02	Бакалавриат
		24.04.02	Магистратура
2	Приборостроение	12.03.01	Бакалавриат
		12.04.01	Магистратура
3	Системы управления летательными аппаратами	24.05.06	Специалитет

Таблица 2

Федеральные государственные образовательные стандарты (ФГОСы)

№	ФГОСы
1	ФГОС ВО 3+ (утверждён 04.12.2015 г. № 1428) по направлению подготовки 24.03.02 «Системы управления движением и навигация» (уровень бакалавриата)
2	ФГОС ВО 3+ (утверждён 06.03.2015 г. № 166) по направлению подготовки 24.04.02 «Системы управления движением и навигация» (уровень магистратуры)
3	ФГОС ВО 3+ (утверждён 03.09.2015 г. № 959) по направлению подготовки 12.03.01 «Приборостроение» (уровень бакалавриата)
4	ФГОС ВО 3+ (утверждён 30.10.2014 г. № 1408) по направлению подготовки 12.04.01 «Приборостроение» (уровень магистратуры)
5	ФГОС ВО3+ (утверждён 11.08.2016 г. № 1032) по специальности 24.05.06 «Системы управления летательными аппаратами» (уровень специалитета)

Таблица 3

Квалификационные характеристики, профессиональные стандарты

№	Квалификационные характеристики, профессиональные стандарты
1	Квалификационные характеристики должностей «инженер» и «техник». Основание – (ЕКСД) – единый квалификационный справочник должностей руководителей, специалистов и других служащих, 4-е издание, дополненное (утв. постановлением Минтруда РФ от 21.08.1998 г. № 37) (с изменениями и дополнениями на 12.02.2014 г., 25.06.2014 г.)
2	Профстандарт: ПС 19. Инженер по приборам ориентации, навигации и стабилизации летательных аппаратов в ракетно-космической промышленности (утвержден Минтруда и соцзащиты РФ 20.12.2013 г. № 752н)
3	Профстандарт: ПС 762. Специалист в области проектирования и сопровождения производства оптотехники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов (утвержден Минтруда и соцзащиты РФ 24.12.2015 г. № 1141н)

В ходе анализа документов мы рассмотрели федеральные государственные образовательные стандарты (ФГОСы) по указанным выше направлениям (табл. 2).

Также мы рассмотрели (табл. 3) профессиональные стандарты и квалификационные характеристики, являющиеся социальным заказом со стороны работодателя и представляющие из себя характеристику квалификации, которая необходима работнику для выполнения трудовых функций, соответственно включают в себя эти профессиональные функции.

Также в ходе анализа нами были рассмотрены учебные планы по указанным направлениям (табл. 4). Это было сделано с целью рассмотрения социального заказа (ФГОСа, профстандарта), на который должен ориентироваться учебный план.

В ходе анализа нормативно-правовых документов выявились следующие противоречия между ФГОСами, профстандартами и учебными планами.

1. Федеральный государственный образовательный стандарт по специальности 24.05.06 «Системы управления летательными аппаратами» включает в себя ОК-11, которая содержит формулировку «применение творчества и инициативы». В отличие от него, Федеральный государственный образовательный стандарт по направлению подготовки 24.04.02 «Системы управления движением и навигация» (уровень магистратуры) и федеральный государственный образовательный стандарт

Таблица 4

Учебные планы

№	Учебные планы
1	Приём 2015/16 учеб. год, по направлению подготовки 24.03.02 «Системы управления движением и навигация», профиль «Приборы и системы ориентации, стабилизации и навигации», тип программы – академический бакалавриат
2	Приём 2015/16 учеб. год, по направлению подготовки 24.04.02 «Системы управления движением и навигация», профиль «Приборы и системы ориентации, стабилизации и навигации», тип программы – академическая магистратура
3	Приём 2015/16 учеб. год, по направлению подготовки 12.03.01 «Приборостроение», профиль «Приборы, комплексы и элементная база приборостроения», тип программы – прикладной бакалавриат
4	Приём 2015/16 учеб. год, по направлению подготовки 12.04.01 «Приборостроение», профиль «Приборы, комплексы и элементная база приборостроения», тип программы – прикладная магистратура
5	Приём 2015/16 учеб. год, по специальности 24.05.06 «Системы управления летательными аппаратами» (уровень специалитета)

по направлению подготовки 12.04.01 «Приборостроение» (уровень магистратуры) не содержат такой компетенции, как креативность или творческие способности.

2. Все выше перечисленные Федеральные государственные образовательные стандарты содержат такие компетенции, как умение работать в команде, умение разрешать конфликты, умение построить линию собственного самосовершенствования.

3. Профессиональные стандарты [11, 33, 34] содержат аналогичные профессиональные функции, такие как знание основ психологии, умение работать в команде, умение руководить малой группой. В отличие от стандартов, учебные планы по направлениям: 24.03.02 «Системы управления движением и навигация» (уровень бакалавриата), 24.04.02 «Системы управления движением и навигация» (уровень магистратуры), 12.03.01 «Приборостроение» (уровень бакалавриата), 12.04.01 «Приборостроение» (уровень магистратуры) не включают в свою структуру такую дисциплину, как «Психология». Эта дисциплина включена только в учебный план специальности 24.05.06 «Системы управления летательными аппаратами».

4. Учебный план по направлению 24.04.02 «Системы управления движением и навигация» (уровень академическая магистратура) не включает в свою структуру такую дисциплину, как «Педагогика» или «Педагогика и психология высшей школы». Противоречие выявляется в том, что одним из видов деятельности, к которой готовятся выпускники по этому плану, является преподавательская деятельность.

Таким образом, рассмотрев некоторые из выявленных противоречий между теорией и практикой, можно констатировать, что в настоящее время отсутствуют чётко разработанная модель инженера и профессиональные компетенции, отсутствует согласованность между университетом и социальным заказом – ФГОСами, профессиональными стандартами и учебными планами.

2. Теоретическое исследование креативной составляющей инженерного мышления

Анализ научных выступлений и публикаций показал, что большинство исследователей выделяют понятие «инженерное мышление» и актуальную компетенцию – креативность. Рассмотрим более подробно это понятие.

Креативность – творческие способности индивида – способности порождать необычные идеи, отклоняться от традиционных схем мышления, быстро решать проблемные ситуации. Характерна готовностью к продуцированию принципиально новых идей и входит в структуру одаренности как независимый фактор. Среди интеллектуальных способностей креативность выделена в особый тип [5].

Креативность, нестандартное мышление личности рассматривались в разное время и зарубежными, и отечественными учёными, такими, как Э. Торренс, Дж. Гилфорд, А. Маслоу, Я.А. Пономарёв, Д.Б. Богоявленская, А.М. Матюшкин, З.И. Калмыкова, Н.А. Менчинская [9, 25, 26, 29, 30, 49].

Дж. Гилфорд выделял 2 типа мыслительных операций – конвергенцию (от лат. *convergere* – сходиться) и дивергенцию (от лат. *divergere* – расходиться) и соответственно

с этим два типа мышления – конвергентное и дивергентное. Конвергентное мышление – форма мышления, основанная на стратегии использования усвоенных ранее алгоритмов решения задач, т. е. действия по инструкции, нахождение единственно правильного решения. Дивергентное мышление – форма мышления, основанная на стратегии генерирования множества решений для одной задачи. Дж. Гилфорд считал, что дивергенция лежит в основе креативности. Учёным было выделено четыре основных параметра креативности: оригинальность, семантическая гибкость, образная адаптивная гибкость, семантическая спонтанная гибкость [5, 9]. Согласно Э. Торренсу, креативность включает в себя: 1) повышенную чувствительность к проблемам, к дефициту или противоречивости знаний; 2) действия по определению этих проблем, по поиску их решений на основе выдвижения гипотез, по проверке и изменению гипотез, по формулированию результата решения [5, 9]. А. Маслоу, рассматривая креативность в своих работах, выделил первичную и вторичную креативность. Первичная характерна для фазы вдохновения, вторичная – для фазы разработки, которая включает в себя творческие способности, тяжёлую работу, упорство, терпение. Первичная креативность происходит из бессознательного и имеется у каждого, но со временем многие люди её теряют. Любая экономическая, политическая, социальная система может столкнуться с необходимостью иметь больше творческих людей, поэтому руководители должны учиться их выявлять, обучать и воспитывать. Рассматривая связь образования и творчества, Маслоу обратил внимание на подготовку инженеров. Учёный указал, что происходящие изменения, в технике, экономике, военной и оборонной промышленности, устаревание фактов, методов, технологий указывает на путь образования при подготовке инженеров, который включает их творческое формирование – их будущие способности справляться с новизной, импровизировать, не бояться изменений [5, 25].

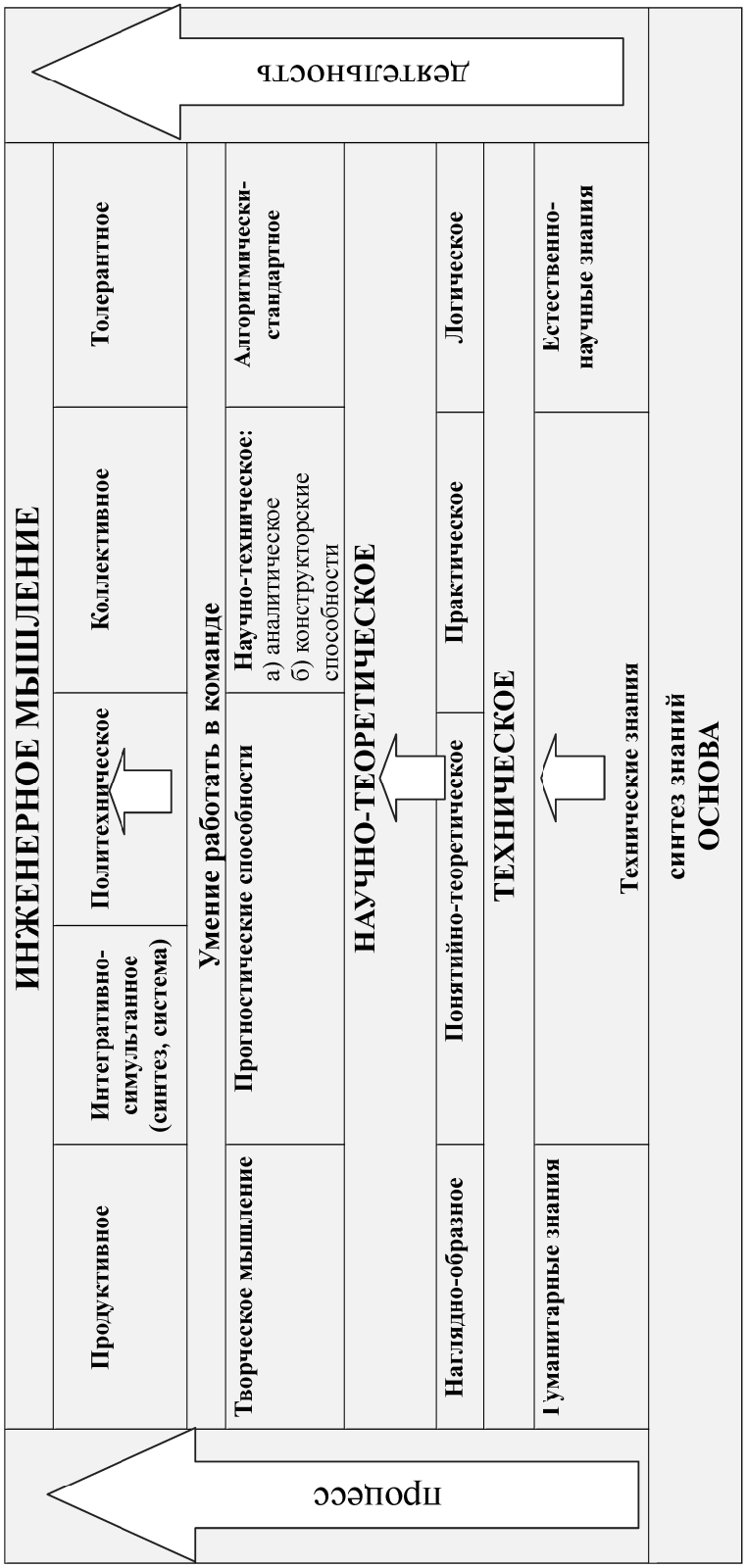
Отечественные учёные также уделяли большое внимание развитию нестандартного, творческого, креативного мышления. Я.А. Пономарёв разработал структурно-уровневую модель центрального звена психологического механизма творчества, где выделил уровни мышления – интуитивное, логическое и дискурсивное мышление. Дискурсивное мышление является единством интуитивного и логического мышления. Нижний предел дискурсивного мышления – интуитивное мышление, ниже которого располагается сфера интуитивного мышления животных, верхний предел – логическое мышление, выше которого располагается область чисто логического мышления – мышления ЭВМ. Пономарёв указал, что в ходе решения творческой задачи человеческая мысль проходит путь от интуитивного к логическому мышлению, а затем от логического к интуитивному мышлению [39]. Д.Б. Богоявленская определяет креативность как интеллектуальную активность. В интеллектуальной активности учёным выделено три уровня: «репродуктивный» (пассивный), где человек остаётся в рамках первоначально найденного способа действия; «эвристический» – проявление в той или иной степени интеллектуальной инициативы и «креативный» уровень, где характерны самостоятельная постановка проблемы, углублённое проникновение в объект, предсказание изменений тенденций развития объекта. Креативный уровень является ещё и психологическим механизмом прогностической способности, где через вскрытие глубинной сути объекта происходит «ломка» сложившихся представлений и стереотипов [29].

Рассмотрев определение креативности в теориях зарубежных и отечественных учёных, тем самым раскрыв её суть, перейдём к рассмотрению понятия «инженерное мышление». Для характеристики инженерного мышления мы здесь приводим собственное определение данного понятия, которое было получено нами в ходе рассмотрения и интеграции различных научных подходов и точек зрений российских и зарубежных учёных. В нашем понимании ***инженерное мышление*** – это непрерывный социально-психический процесс, связанный с деятельностью, где основными компонентами являются различные типы мышления: политехническое, интегративно-симультанное (т. е. разносторонний подход к решению проблем), толерантное, коллективное, продуктивное.

Из определения и структуры (табл. 5) инженерного мышления мы видим, что оно представляет собой сложную систему, состоит из различных составляющих, компонентов и процессов.

Таблица 5

Структура инженерного мышления



Для того чтобы выявить или взаимосвязь инженерного мышления и креативности или выявить ту роль, которую играет креативность в инженерном мышлении, необходимо подробнее рассмотреть элементы структуры инженерного мышления. Так как инженерное мышление представляет из себя сложную структуру, систему, то для характеристики сложной системы мы должны использовать соответствующий метод. Таким методом является системно-синергетический подход [14, 16–18]. Основанием этого утверждения являются особенности, взаимосвязь этих двух подходов и особенности самого инженерного мышления.

Взаимосвязь системного подхода и синергетики при формировании *инженерного мышления* заключается в том, что системный подход ориентируется на раскрытие целостности формирования *инженерного мышления* путём выявления многообразных компонентов, типов связей и механизмов, поддерживающих эту целостность с помощью системного анализа. Затем с помощью синтеза – сведение их в одну целостную картину. В этом проявляется специфика системного подхода. А взаимосвязь системного подхода и синергетики проявляется при рассмотрении такого понятия, как «самоорганизация» – процесс создания, воспроизведения или самосовершенствования организаций сложной, открытой, самоорганизующейся системы, связи между элементами которой имеют не жёсткий, а вероятностный характер. К таким сложным системам относятся живая клетка, человеческий коллектив. В нашем случае сложной системой, самоорганизацией является *инженерное мышление*. Системный поход оперирует понятием «самоорганизация», в свою очередь понятие «самоорганизация» является предметом изучения синергетики – теории самоорганизации. Рассмотрев совокупность этих подходов, перейдём к рассмотрению каждого из них по отдельности и проанализируем с их помощью инженерное мышление. Для этого сначала рассмотрим особенности системного подхода и с помощью его проанализируем инженерное мышление. *Системный подход* – научный метод познания сложно организованных объектов через вычленение совокупности составляющих эти объекты ключевых элементов и связей между ними. *Методы познания* систем: системный анализ, системный синтез, моделирование. *Основные компоненты системного анализа*: 1) морфологический анализ – позволяет выяснить из каких элементов состоит система; 2) структурный анализ – направлен на выявление внутренней организации системы, определение характера связей элементов; 3) функциональный анализ – направлен на раскрытие функций системы в целом и её отдельных компонентов; 4) генетический анализ, позволяющий исследовать зарождение, становление, развитие, преобразование системы и её компонентов.

Проведём анализ компонентов инженерного мышления с помощью системного анализа: морфологического, структурного, функционального и генетического анализа.

Морфологический анализ (анализ компонентов) (табл. 6).

Таблица 6

Морфологический анализ (анализ компонентов инженерного мышления)

Компоненты инженерного мышления				
Политехнический	Интегративно-симультанный (синтез, система)	Продуктивный	Коллективный	Толерантный
Характеристика компонентов				
Имеет научно-технический характер и включает в себя следующие элементы: а) понятийно-теоретическое мышление б) логическое в) наглядно-образное г) конструкторские способности	Подразумевает проблемно-поисковую активность и способы решения задач включает в себя следующие элементы: а) творческое воображение (уровень креативности) б) алгоритмический элемент (использование ранее полученных результатов) в) прогностические способности (интеллектуальная активность)		Имеет коммуникативно-групповой характер и включает в себя следующие элементы: а) умение работать в команде б) способность обосновать предлагаемые решения в) толерантность к идеям и точкам зрения	
д) аналитическое мышление е) практическое				

Структурный анализ (анализ связей между компонентами) (табл. 7).

Существует внутренняя связь элементов и компонентов *инженерного мышления*. ***Политехнический, интегративно-симультанный и продуктивный*** компоненты представлены как каждый в отдельности, так и образуют некую структуру, взаимосвязь. Такие элементы инженерного мышления, как понятийно-теоретическое, логическое, наглядно-образное, аналитическое, конструкторские способности и практическое мышление составляют и характеризуют ***политехнический компонент.*** Также эти элементы входят в **технический критерий**. Два элемента политехнического компонента – «аналитическое мышление» и «практическое мышление» входят также в структуру ***интегративно-симультанного*** и ***продуктивного*** компонентов, так как проблемно-поисковая активность и способы решения задач подразумевают применение аналитических способностей и практического мышления. Также эти два элемента входят в ***продуктивный критерий***, характеризующий структуру ***интегративно-симультанного*** и ***продуктивного*** компонентов инженерного мышления. ***Интегративно-симультанный компонент***, связанный с проблемно-поисковой активностью и способами решения задач, включает в себя следующие ***элементы***: а) творческое воображение (уровень креативности) и б) алгоритмический (использование ранее полученных результатов). ***Продуктивный*** компонент ***включает в себя такой элемент***, как прогностические способности (т. е. интеллектуальная активность). Оба компонента – и ***интегративно-симультанный***, и ***продуктивный*** могут измеряться с помощью **продуктивного критерия.** ***Коллективный*** и ***толерантный компоненты*** представляют каждый из себя отдельную составляющую инженерного мышления, но и имеют общие пересекающиеся элементы. Элементы «умение работать в команде» и «способность обосновать предлагаемые решения» больше относятся к ***коллективному компоненту***, а элемент «толерантность» – к идеям и точкам зрения и характеризует больше ***толерантный***

Таблица 7

Структурный анализ инженерного мышления (анализ связей между компонентами)

Компоненты инженерного мышления				
Политехнический	Интегративно-симультанный (синтез, система)	Продуктивный	Коллективный	Толерантный
Характеристика компонентов				
Имеет научно-технический характер и включает в себя следующие элементы: а) понятийно-теоретическое мышление б) логическое в) наглядно-образное г) конструкторские способности д) аналитическое мышление е) практическое	Подразумевает проблемно-поисковую активность и способы решения задач включает в себя следующие элементы: а) творческое воображение (уровень креативности) б) алгоритмический элемент (использование ранее полученных результатов) в) прогностические способности (интеллектуальная активность)		Имеет коммуникативно-групповой характер и включает в себя следующие элементы: а) умение работать в команде б) способность обосновать предлагаемые решения в) толерантность к идеям и точкам зрения	
Критерий для оценки инженерного мышления				
1. Технический а) понятийно-теоретическое мышление б) логическое в) наглядно-образное г) конструкторские способности д) аналитическое мышление е) практическое	**2. Продуктивный** – проблемно-поисковая активность, способы решения задач а) творческое воображение (уровень креативности) б) алгоритмический элемент (использование ранее полученных результатов) в) прогностические способности (интеллектуальная активность)		**3. Коммуникативно-групповой** а) умение работать в команде б) способность обосновать предлагаемые решения в) толерантность к идеям и точкам зрения	

Таблица 8

Функциональный анализ (анализ функций инженерного мышления)

Компонент инженерного мышления				
Политехнический	Интегративно-симультанный (синтез, система)	Продуктивный	Коллективный	Толерантный
Функция компонентов инженерного мышления				
Универсальный тип ориентировки в технических объектах при любых видах деятельности (и практической, и теоретической): проектировании, конструировании, эксплуатации и т. д.	Разносторонний подход к решению задач (проблемно-поисковая активность, способы решения задач)	Прогнозирование (интеллектуальная активность). Прогностические способности можно соотнести с творческим мышлением. Основание прогностических способностей – интеллектуальная активность и интеллектуальная инициатива	Взаимодействие (умение работать в команде, способность обосновать предлагаемые решения)	Согласование (толерантность к идеям и точкам зрения)

компонент. Но все элементы этих компонентов в свою очередь находятся в прямой взаимосвязи. Оба компонента, и ***коллективный*** и ***толерантный***, измеряются с помощью **коммуникативно-группового критерия.**

Анализ функций компонентов инженерного мышления представлен в табл. 8.

Генетический анализ (анализ развития).

Инженерное мышление – это непрерывный социально-психический процесс, связанный с деятельностью, где основой является синтез знаний: естественно-научных, технических, гуманитарных. Этот синтез составляет структуру технического мышления, которое формируется в процессе обучения и характерно для уровня средне-специального образования и уровня бакалавриата. Также для технического мышления характерны такие психологические особенности, как понятийно-теоретическое, логическое, наглядно-образное и практическое мышление. По мере развития в процессе обучения техническое мышление приобретает научно-теоретический характер и интегрирует в себя различные элементы: творческое мышление и алгоритмически-стандартное мышление, прогностические способности, аналитическое мышление, конструкторские способности, умение работать в команде. Перечисленные элементы составляют уже компоненты инженерного мышления, основу модели специалиста или магистра (см. табл. 5).

Перейдём теперь к рассмотрению инженерного мышления с помощью синергетического подхода.

Синергетика – научная дисциплина, которая рассматривает закономерности процессов системной интеграции и самоорганизации в различных системах. В отличие от системного подхода, где основное внимание акцентируется на связях частей в целом, синергетика исследует причины свойств системы. В системном подходе анализ ведется на качественном уровне. А синергетика изучает количественные отношения и параметры. Синергетика занимается исследованием систем, состоящих из очень большого числа частей, компонент или подсистем, деталей, сложным образом взаимодействующих между собой. Свойства систем: неравновесность, нелинейность, неоднозначность и неопределенность [2, 14, 16–18].

С позиций синергетического подхода, инженерное мышление это сложная развивающаяся и формирующаяся система, в состав которой входят не только её компоненты (политехнический, интегративно-симультанный, продуктивный, коллективный, толерантный), но и её элементы (творческое мышление и алгоритмически-стандартное мышление, прогностические способности, аналитическое мышление, конструкторские способности, умение работать в коллективе). Кроме этого, система «инженерное мышление» – это непрерывный социально-психический процесс, который формируется под влиянием деятельности, сначала учебной, затем профессиональной.

Теперь перейдём к рассмотрению свойств системы [2, 16, 18].

Неравновесность – состояние открытой системы, при котором происходит изменение ее параметров, т. е. ее состава, структуры и поведения. Состояние равновесия может быть

устойчивым (стационарным) и динамическим. Стационарное равновесное состояние – это если при изменении параметров системы, возникшем под влиянием внешних или внутренних возмущений, система возвращается в прежнее состояние. Состояние динамического (неустойчивого) равновесия возникает тогда, когда изменение параметров влечет за собой дальнейшие изменения в том же направлении и усиливается с течением времени. В нашем случае неравновесность проявляется в том, что инженерное мышление – это не застывшее явление, а развивающаяся и формирующаяся система, в состав которой входят не только её компоненты, но и элементы. Также система «инженерное мышление» это непрерывный социально-психический процесс, который формируется под влиянием деятельности, сначала учебной, затем профессиональной. При формировании и развитии система «инженерное мышление» в прежнее состояние не возвращается. В данном случае свойство неравновесности проявляется в совокупности всех перечисленных факторов, оказывающих влияние на развитие и формирование инженерного мышления.

Нелинейность – 1) свойство системы иметь в своей структуре различные состояния, которые соответствуют допустимым законам поведения этой системы. Когда поведение таких объектов удается выразить системой уравнений, эти уравнения оказываются нелинейными в математическом смысле. Система нелинейна, если в разное время, при разных внешних воздействиях ее поведение определяется различными законами. Это создает феномен сложного и разнообразного поведения, которое не укладывается в единственную теоретическую схему. Здесь проявляется *принцип неоднозначности*; 2) *нелинейность* – необычная реакция на внешние воздействия, когда «правильное» воздействие оказывает большее влияние на эволюцию системы, чем воздействие более сильное, но организованное неадекватно ее собственным тенденциям. В этом проявляется механизм резонансного возбуждения. Система, находящаяся в неравновесном состоянии, чутка к воздействиям, согласованным с ее собственными свойствами. Малые, но согласованные с внутренним состоянием системы внешние воздействия на нее могут оказаться более эффективными, чем большие. Нелинейные системы демонстрируют неожиданно сильные ответные реакции на релевантные их внутренней организации резонансные возмущения.

Нелинейность системы «инженерное мышление» проявляется в том, что она является сложной системой, состоящей из компонентов самого инженерного мышления, а также из деятельности, оказывающей на них влияние. Поэтому каким образом будет организована эта деятельность и её содержание, как будут учтены все компоненты и элементы инженерного мышления, такое резонансное возбуждение будет получено.

Неоднозначность – сложность прогноза поведения системы, которое не укладывается в единственную теоретическую схему. Для того чтобы этого избежать, необходимо способствовать тенденциям развития системы классического инженерного образования – введение пятилетнего инженерного образования; а для формирования инженерного мышления строить его модель, учитывая задания для каждого компонента.

Неопределённость – проявляется в том, что в самоорганизующихся системах возникают явления и процессы, в результате которых у системы – целого, могут появиться свойства, которыми не обладает ни одна из частей. У системы «инженерное мышление» могут появиться такие свойства. Например, изменение национального самосознания. Одним из способов предвидения и предотвращения таких явлений является построение прогнозов для путей развития системы.

Рассмотрев инженерное мышление с помощью системно-синергетического подхода, можно сделать вывод, что инженерное мышление – это сложная развивающаяся и формирующаяся система, в состав которой входят её компоненты, элементы, деятельности, которые все взаимосвязаны между собой и влияют друг на друга. В системе «инженерное мышление» могут возникать необычные реакции на внешние воздействия, когда «правильное» воздействие оказывает большее влияние на эволюцию системы, чем воздействие более сильное, но организованное неадекватно ее собственным тенденциям. Поэтому, каким образом будет организована система образования, как будут учтены все компоненты и элементы инженерного мышления, такое резонансное возбуждение будет получено. Также система «инженерное мышление» формируется под влиянием общественных и социальных процессов, которые могут оказать как

положительное, так и негативное влияние. Для предвидения и предотвращения таких явлений необходимо построение прогнозов путей развития системы.

Перечисленные характеристики рассматривают инженерное мышление как систему, в целом. Что касается взаимосвязи инженерного мышления и креативности, то характеристика инженерного мышления в частности, показала, что креативность входит в интегративно-симультанный компонент инженерного мышления и проявляется как разносторонний подход к решению задач, как проблемно поисковая активность. Данные качества и свойства необходимы специалистам, инженерам для решения разных задач.

3. Экспериментальное исследование креативной составляющей инженерного мышления

Как было уже заявлено выше, большинство исследователей выделяют понятие «инженерное мышление» и актуальную компетенцию – креативность.

Таблица 9
Уровни креативности инженерного мышления

Уровень креативности		
Низкий	Средний	Высокий
3–5	6–14	15–20

При проведении эксперимента соблюдались следующие условия.

1. Репрезентативность выборки [5, 10, 35]. Выборка является представительной – в эксперименте принимали участие студенты только III курса разных направлений высшей школы электроники и компьютерных наук. Соответственно, результаты эксперимента могут быть перенесены на всю генеральную совокупность.

2. Валидность методики [5, 10, 35]. Методика – тест креативности Э. Торренса соответствует измеряемому психическому свойству – креативности. Тест был апробирован на взрослых и предназначен для диагностики креативности студентов и взрослых.

3. Тестирование проходило в знакомых и естественных условиях для студентов – в аудиториях ВШЭКН, где обычно проходят занятия; атмосфера была ровная и доброжелательная, что является важным фактором для получения достоверных результатов [5, 10].

4. Студентам был дан выбор – открытость или анонимность в указании своего имени на тестовых бланках.

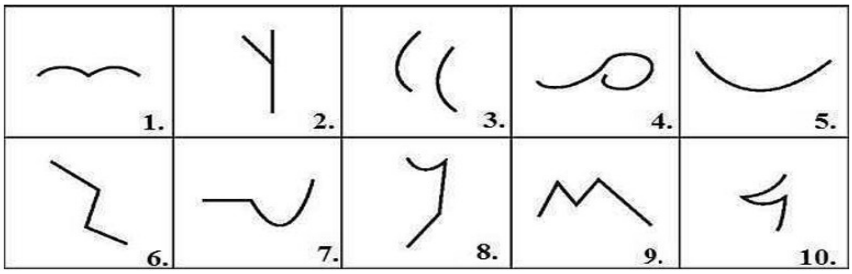


Рис. 1. Бланк для теста креативности Э. Торренса

Для определения уровня креативности у студентов технических направлений мы выбрали методику Э. Торренса «Закончи рисунок» – невербальный тест креативности, который предназначен для диагностики студентов и взрослых [49] (рис. 1).

Перед проведением эксперимента мы разработали шкалу уровней развития креативности (табл. 9). При разработке шкалы, мы руководствовались тестовыми нормами [49], где норма креативности у студентов и взрослых в баллах от 6 до 14. Соответственно, ниже 6 – низкий уровень, выше 14 – высокий. Максимальное количество баллов, которое может набрать испытуемый – 20.

В эксперименте приняли участие студенты третьего курса разных направлений высшей школы электронных и компьютерных наук (n = 95).

Результаты эксперимента показаны в табл. 10 и на рис. 2, 3.

Таблица 10
Результаты теста Э. Торренса

Результаты теста Э. Торренса (n = 95)		
Тип значения	Количество человек	Результат в %
Низкое	16	17
Среднее	63	66
Высокое	16	17
Σ	95	100

Рис. 2. Результаты теста Торренса, %

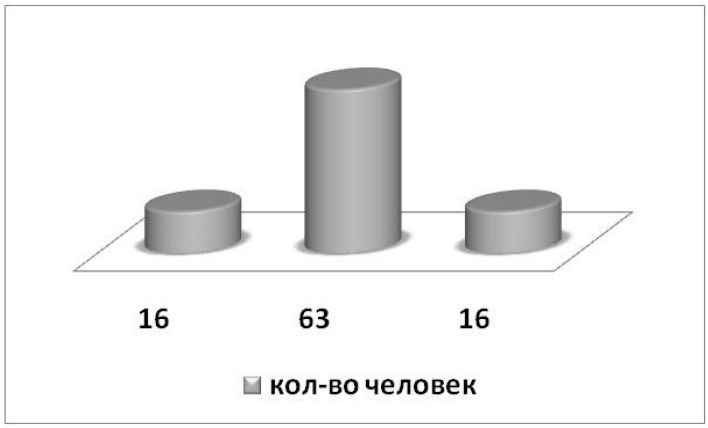


Рис. 3. Результаты теста Торренса (n = 95), количество человек

Таблица 11

Обработка данных с помощью методов математической статистики

Среднее выборочное, взвешенное	$\bar{X} = \frac{\Sigma xi \cdot fi}{\Sigma fi}$	8
Дисперсия взвешенная, несмещённая	D_x	6,5
Квадратическое отклонение, несмещённое	δ	2,5
Ошибка средней арифметической, несмещённая	$m\ (S)$	≈ 3
Среднее линейное отклонение, взвешенное	$\bar{D}$	≈ 2
Асимметрия	A	0,05
Эксцесс	E	–0,3

Полученные данные мы обработали с помощью методов математической статистики [4, 6, 10, 12, 37, 40, 48]. Полученные данные отражены в табл. 11.

Полученные данные и результаты эксперимента были проанализированы, что позволило сделать некоторые выводы по выборке:

1) квадратическое отклонение – величина, представляющая собой квадратный корень из несмещённой оценки дисперсии; отражает степень отклонения результатов от среднего значения. Полученный результат квадратического отклонения (2,5) говорит о том, что среднее арифметическое колеблется в пределах ± 2,5;

2) ошибка средней арифметической или мера, которой средняя арифметическая величина, полученная на выборочной совокупности, отличается от истинной средней арифметической величины, которая была бы получена на генеральной совокупности. Полученный результат (≈3) свидетельствует о том, что

среднее выборочное (8), полученное на выборке, не существенно отличается от предполагаемого среднего выборочного генеральной совокупности;

3) полученные результаты асимметрии и эксцесса позволяют говорить о нормальном распределении данных, что позволит в дальнейшем применять соответствующие методы математической статистики;

4) бóльшая часть студентов – 66 % – обладают средним уровнем креативности, 17 % – низким уровнем и 17 % – высоким.

Основываясь на результатах анализа научных источников по теме креативности в инженерном мышлении, теоретического и экспериментального исследования креативности, можно сделать вывод, что имеет смысл развивать данное качество у студентов до высокого уровня.

Заключение

Сегодня необходима согласованность в цепочке «наука – образование – промышленность». Образование ждёт от науки вливания новых идей, взглядов, концепций, систем обучения. В свою очередь, образование с промышленностью также должны быть в полном взаимодействии и согласованности. Образовательные стандарты, являющиеся основой составления учебных планов по направлениям подготовки, должны включать в себя наиболее значимые и востребованные компетенции подготовки специалиста инженерного направления на перспективу, а профессиональные стандарты как запрос предприятий должны быть приняты вузами во внимание. Вся система-цепочка «наука – образование – промышленность» должна работать эффективно и слаженно, с учётом анализа и прогноза политической и экономической ситуации в стране и мире.

Продолжая тему согласованности, необходимо отметить, что наука и учёные, как показал проведённый анализ, уже высказали ряд идей и практических предложений о дальнейшем развитии системы инженерного образования. Подготовка должна включать как дисциплины технического цикла, так и гуманитарного, а одной из значимых и актуальных компетенций была выделена креативность. Креативность это то, что, по мнению учёных, необходимо инженерам сегодня для решения различных задач. Кроме того, для эффективной работы инженеров, конструкторов, изобретателей необходима согласованная работа обоих полушарий. Поэтому в программу подготовки инженеров должны быть включены такие курсы, которые направлены на развитие креативности, например ТРИЗ, психология, в программу которой могут входить практические занятия, направленные на развитие данного качества, педагогика, необходимая для формирования компетенций, в частности, для осуществления преподавательской работы выпускником в профессиональной сфере, где также необходимо применение творчества. Эти же дисциплины, кроме развития креативности, могли бы быть направлены на формирование у студентов таких компетенций и одновременно будущих трудовых функций, как умение работать в команде, умение аргументировать и отстаивать предлагаемые решения, ставить цели и решать задачи в качестве лидера группы, учитывая вклад каждого участника. Также эти же дисциплины могли быть направлены на формирование основ знаний о малых и больших группах, индивидуальных различиях личности, эффективных методах управления малой группой. К сожалению, в настоящее время, в учебные планы подготовки студентов подготовки бакалавров и магистров высшей школы электроники и компьютерных наук с 2016 года такие дисциплины не включены.

При рассмотрении актуальности креативности, её взаимосвязи с инженерным мышлением мы раскрыли структуру инженерного мышления, дали его характеристику с позиций системно-синергетического подхода и определили, что креативность входит в интегративно-симультанный компонент инженерного мышления и проявляется как разносторонний подход к решению задач, как проблемно поисковая активность. Основываясь на результатах нашего анализа, можно сделать вывод, что имеет смысл развивать данную компетенцию у студентов инженерных направлений высшей школы электроники и компьютерных наук.

Обобщая результаты проведённого теоретического и экспериментального исследования, можно сделать вывод, что креативность как один из компонентов инженерного мышления играет в настоящее время большую роль в деятельности инженера. Выявленная значимость данного качества указывает на необходимость развития креативности и дальше у студентов.

Литература

1. *«Мнение»: Михаил Ковальчук о векторах развития современной науки. – https://www.vesti.ru/videos/show/vid/746748/cid/1/ (дата обращения: 28.02.2018)*
2. *Бекман, И.Н. Синергетика: курс лекций. – http://beckuniver.ucoz.ru/index/kurs_sinergetika/0-82 (дата обращения: 07.01.2018)*
3. *Булатова, Д.С. Влияние способностей к творчеству на профессиональное развитие студентов технического вуза: экспериментальное исследование / Д.С. Булатова, Я.Л. Либерман // Пед. образование в России. – 2015. – № 6. – С. 13–19.*
4. *Гласс, Д. Психологические методы в педагогике и психологии / Д. Гласс, Д Стэнли. – М.: Прогресс, 1976. – 494 с.*
5. *Головин, С.Ю. Словарь практического психолога / сост. С.Ю. Головин. – Минск: Харвест, 1998. – 798 с.*
6. *Громыко, Г.Л. Теория статистики: практикум / Г.Л. Громыко. – М.: ИНФРА-М, 2008. – 240 с.*
7. *Добряков, А.А. Формирование интуитивных навыков специалистов технического профиля / А.А. Добряков, В.П. Печников // Инженерный вестник. – 2015. – № 10. – С. 1038–1047.*
8. *Доклад президента России В.В. Путина на Заседании Совета при Президенте по науке и образованию 21 января 2016. – http://www.kremlin.ru/events/president/news/51190 (дата обращения: 06.02.2016).*
9. *Дружинин, В.Н. Психология / под ред. В.Н. Дружинина. – СПб.: Питер, 2001. – 656 с.*
10. *Дружинин, В.Н. Экспериментальная психология / В.Н. Дружинин. – СПб.: Питер, 2000. – 320 с.*
11. *Единый квалификационный справочник должностей руководителей, специалистов и других служащих (утв. постановлением Минтруда РФ от 21.08.1998 г. № 37). – http://classinform.ru/eksd.html (дата обращения: 12.12.2016).*
12. *Ермолаев, О.Ю. Математическая статистика для психологов / О.Ю. Ермолаев. – М.: Моск. психол.-соц. ин-т: Флинта, 2003. – 336 с.*
13. *Зиновкина, М. Креативное инженерное образование / М. Зиновкина, Р. Гареев // Высш. образование в России. – 2000. – № 6. – С. 98–99.*
14. *Ивин, А.А. Философия: энциклопедический словарь / под ред. А.А. Ивина. – М.: Гардарики, 2004. – 1072 с.*
15. *Инженерно-технические кадры России: состояние и перспективы // Проф. образование. Столица. – 2013. – № 4. – С. 2–9.*
16. *Князева, Е.Н. Основания синергетики: режимы с обострением, самоорганизация, темпомиры / Е.Н. Князева, С.П. Курдюмов. – СПб.: Алетейя, 2002. – 414 с.*
17. *Котлярова, И.О. Системно-синергетическая концепция гуманно-ориентированного научно-образовательного процесса / И.О. Котлярова, Г.Н. Сериков // Вестник ЮУрГУ. Серия «Образование и педагогические науки». – 2009. – № 4, вып. 2. – С. 10–14.*
18. *Кохановский, В.П. Философия науки в вопросах и ответах / В.П. Кохановский, Т.Г. Лешкевич, Т.П. Матяш и др. – Ростов н/Д.: Феникс, 2006. – 352 с.*
19. *Кукушкин С.Г. Некоторые проблемы развития инженерной мысли в России и перспективы непрерывного профессионального образования инженеров / С.Г. Кукушкин, М.В. Лукьяненко, Н.П. Чурляева // Инженерное образование. – 2010. – № 6. – С. 76–83.*
20. *Куприянычева, Н.И. Развитие креативных способностей студентов в техническом вузе / Н.И. Куприянычева, Э.Б. Куприянычева // Вестник Казан. технол. ун-та. – 2011. – № 1. – С. 309–314.*
21. *Латухина, К. Учёным – наука. Владимир Путин поговорил с членами РАН о лидерстве России в технологической революции / К. Латухина. – https://rg.ru/2017/06/22/putin-prizval-uchenyh-sdelat-rossiiu-liderom-tehnologicheskoj-revoliucii.html (дата обращения: 30.07.2017).*
22. *Лескова, Н. Интеграция науки и образования / Н. Лескова // В мире науки. – 2017. – № 7.– С. 15–17.*
23. *Либерман, Я.Л. Исследование креативности студентов-первокурсников технического вуза / Я.Л. Либерман, О.А. Лукашук, Д.С. Кошелева // Пед. образование в России. – 2015. – № 1. – С. 128–136.*
24. *Лившиц, В.И. Формирование креативности при подготовке инженеров массовых профессий / В.И. Лившиц // Инженерное образование. – 2012. – № 9. – С. 26–37.*
25. *Маслоу, А. Новые рубежи человеческой природы / А. Маслоу. – М.: Смысл, 1999. – 425 с.*
26. *Матюшкин, А.М. Мышление, обучение, творчество / А.М. Матюшкин. – М.: Изд-во Моск. психол.-соц. ин-та; Воронеж: МОДЭК, 2003. – 720 с.*
27. *На форуме ректоров вузов России и*

Казахстана в Челябинске заключено 40 двусторонних соглашений о сотрудничестве. – http://gubernator74.ru/news/na-forume-rektorov-vuzov-rossii-i-kazahstana-v-chelyabinske-zaklyucheno-40-dvuhstoronnih-22214 (дата обращения: 03.03.2018).

28. На форуме ректоров вузов России и Казахстана в Челябинске заключено 40 двусторонних соглашений о сотрудничестве. – https://www.msu.ru/press/smiaboutmsu/na-forume-rektorov-vuzov-rossii-i-kazakhstana-v-chelyabinske-zaklyucheno-40-dvukhstoronnikh-soglashe.html?sphrase_id=1404423 (дата обращения: 03.03.2018).

29. Панов, М.И. Интуиция, логика, творчество / отв. ред. М.И. Панов. – М.: Наука, 1987. – 175 с.

30. Пономарёв, Я.А. Психология творчества / Я.А. Пономарёв. – М.: Наука, 1976. – 304 с.

31. Послание президента Федеральному собранию 1 марта 2018. – http://www.kremlin.ru/events/president/transcripts/messages/56957 (дата обращения: 03.03.2018).

32. Президент провёл в Новосибирске заседание Совета по науке и образованию 28 февраля 2018. – http://www.kremlin.ru/events/president/news/56827 (дата обращения: 01.03.2018).

33. Профстандарт: ПС 19. Инженер по приборам ориентации, навигации и стабилизации летательных аппаратов в ракетно-космической промышленности. – http://classinform.ru/profstandarty/ (дата обращения: 02.12.2016).

34. Профстандарт: ПС 762. Специалист в области проектирования и сопровождения производства оптотехники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов. – http://classinform.ru/profstandarty/ (дата обращения: 02.12.2016).

35. Психологическая диагностика / под ред. К.М. Гуревича и Г.М. Борисовой. – М.: Моск. психол.-соц. ин-т; Воронеж: МОДЭК, 2001. – 368 с.

36. Рудской, А.И. NBIC-конвергентное инженерное образование / А.И. Рудской // Партнёрство цивилизаций. – 2013. – № 3. – С. 48–53.

37. Сидоренко, Е.В. Методы математической обработки в психологии / Е.В. Сидоренко. – СПб.: Речь, 2006. – 350 с.

38. Система подготовки инженерно-технических кадров. Информационно-аналитические материалы Государственной думы. АВ 2012 г. – http://iam.duma.gov.ru/node/8/4921/19901 (дата обращения: 04.03.2016).

39. ТАСС – пресс-конференция. Подготовка инженерных кадров: профессии будущего. – https://www.youtube.com/watch?v=U2LpvThGmM8 (дата обращения: 05.06.2016).

40. Теория статистики / под ред проф. Г.Л. Громыко. – М.: ИНФРА-М, 2011. – 476 с.

41. ФГОС ВО 3+ по направлению подготовки 12.03.01 «Приборостроение» (уровень бакалавриат). – http://www.consultant.ru (дата обращения: 02.10.2017).

42. ФГОС ВО 3+ по направлению подготовки 24.03.02 «Системы управления движением и навигация» (уровень бакалавриат). – http://www.consultant.ru (дата обращения: 02.10.2017).

43. ФГОС ВО 3+ по направлению подготовки 24.04.02«Системы управления движением и навигация» (уровень магистратура). – http://www.consultant.ru (дата обращения: 02.10.2017).

44. ФГОС ВО 3+ по специальности 24.05.06 «Системы управления летательными аппаратами» (уровень специалитета). – http://www.consultant.ru (дата обращения: 02.10.2017).

45. ФГОС ВО 3+ по направлению подготовки 12.04.01«Приборостроение» (уровень магистратуры). – http://www.consultant.ru (дата обращения: 02.10.2017).

46. Феномен инженерного мышления и роль современного технического образования в подготовке инженера мирового уровня / О.А. Захарова, Л.В. Черкесова, Б.А. Акишин // Мир образования – образование в мире. – 2016. – № 3 (62). – С. 77–81.

47. Шайкина, В.А. Особенности исследовательской деятельности при формировании инженерного мышления студента / В.А. Шайкина, И.В. Ребро, Д.А. Мустафина // European Student Scientific Journal. – 2013. – № 2.

48. Шакурова, З.А. Основы математической статистики для психологов / З.А. Шакурова. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2000. – 35 с.

49. Шпалинский, В.В. Психология менеджмента / В.В. Шпалинский. – М.: Изд-во УРАО, 2003. – 184 с.

50. Яковлева, Т. Челябинск принял XIV Форум межрегионального сотрудничества России и Казахстана / Т. Яковлева. – http://chel.

mk.ru/articles/2017/11/15/chelyabinsk-prinyal-xiv-forum-mezhregionalnogo-sotrudnichestva-rossii-i-kazakhstana.html (дата обращения: 03.03.2018).

51. Lucas, B. Thinking Like an Engineer: Using Engineering Habits of Mind and Signature Pedagogies to Redesign Engineering / B. Lucas, J. Hanson // IJEP. – 2016. – Vol. 6, iss. 2. – P. 4–13.

52. Woks, Sh. Engineering Thinking: the Expert's Perspective / Sh. Woks, E. Trotskovsky, N. Sabag // International Journal of Engineering Education. – 2011. – № 27 (4). – P. 838–851.

Рожик Алла Юрьевна, аспирант кафедры безопасности жизнедеятельности, Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, rozhikai@susu.ru.

Поступила в редакцию 30 марта 2018 г.

DOI: 10.14529/ped180212

CREATIVE COMPONENT OF ENGINEERING THINKING: THEORETICAL AND EXPERIMENTAL STUDY

***A.Yu. Rozhik**, rogik30@mail.ru*

South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation

Engineers play strategic role in the enhancement of economic development of any country. Today it is necessary to keep and develop the specialty of an engineer in Russian tertiary education as competitiveness, independence, security of the state are provided by its people and by the products they design and produce. Some domestic technological developments do compete at the global market. In order for these developments to take place, new approaches and ways in the training of future engineers are needed. Scientists single out the concept of "engineering thinking". This engineering thinking comprises a set of high-order thinking skills that help modern engineers solve professional problems effectively. One of these high-order thinking skills is creativity. The article gives a brief overview of the literature on the relevance of the development of "engineering thinking" in engineers and, in particular, creativity. The concept of engineering thinking and its structure were presented. The results of the analysis of its components were given. The analysis was carried out using a systematic approach. For an experimental study of creativity the E. Torrence's creativity test was used. The respondents were 3rd year students of technical specialties of South Ural State University. The results showed that the majority of students had an average level of creativity.

Keywords: engineering thinking, structure of engineering thinking, creativity, system-synergetic method, training of future engineers.

References

1. *"Mnenie": Mikhail Koval'chuk o vektorakh razvitiya sovremennoy nauki* ["Opinion": Michael Kovalchuk on the Vectors of Development of Modern Science]. Available at: https://www.vesti.ru/videos/show/vid/746748/cid/1/ (accessed 28.02.2018).

2. Bekman I.N. *Sinergetika. Kurs lektsiy* [Synergetics. Course of Lectures]. Available at: http://beckuniver.ucoz.ru/index/kurs_sinergetika/0-82 (accessed 07.01.2018).

3. Bulatova D.S., Liberman Ya.L. [Influence of Creative Abilities on Professional Development of Student of Technical University: Experimental Research]. *Pedagogical Education in Russia*, 2015, vol. 6, pp. 13–19. (in Russ.)

4. Glass D., Stenli D. *Psikhologicheskie metody v pedagogike i psikhologii* [Psychological Methods in Pedagogy and Psychology]. Moscow, Progress Publ., 1976. 494 p.

5. Golovin S.Yu. *Slovar' prakticheskogo psikhologa* [Dictionary of Practical Psychologist]. Minsk, Harvest Publ., 1998. 798 p.

6. Gromyko G.L. *Teoriya statistiki: praktikum* [Theory of Statistics: Practicum]. Moscow, INFRA-M Publ., 2008. 240 p.

7. Dobryakov A.A., Pechnikov V.P. [The Formation of the Intuitive Skills of Technical Specialists]. *Engineering Bulletin*, 2015, vol. 10, pp. 1038–1047. (in Russ.)

8. *Doklad prezidenta Rossii V.V. Putina na Zasedanii Soveta pri Prezidente po nauke i obrazovaniyu 21 yanvarya 2016* [Report of the President of Russia Vladimir Putin at a Meeting of the Presidential Council for Science and Education January 21, 2016]. Available at: http://www.kremlin.ru/events/president/news/51190 (accessed 06.02.2016).

9. Druzhinin V.N. *Psikhologiya* [Psychology]. St. Petersburg, Piter Publ., 2001. 656 p.

10. Druzhinin V.N. *Eksperimental'naya psikhologiya* [Experimental Psychology]. St. Petersburg, Piter Publ., 2000. 320 p.

11. *Edinyy kvalifikatsionnyy spravochnik dolzhnostey rukovoditeley, spetsialistov i drugikh sluzhashchikh (utverzhdeno postanovleniem Mintruda RF ot 21.08.1998 g. № 37)* [The Uniform Qualification Reference Book of Positions of Heads, Specialists and Other Employees]. Available at: http://classinform.ru/eksd.html (accessed 12.12.2016).

12. Ermolaev O.Yu. *Matematicheskaya statistika dlya psikhologov* [Mathematical Statistics for Psychologists]. Moscow, Moscow Psychological and Social Institute Publ., Flinta Publ., 2003. 336 p.

13. Zinovkina M. [Creative Engineering Education]. *Higher Education in Russia*, 2000, vol. 6, pp. 98–99. (in Russ.)

14. Ivin A.A. *Filosofiya: entsiklopedicheskiy slovar'* [Philosophy: Encyclopaedic Dictionary]. Moscow, Gardariki Publ., 2004. 1072 p.

15. [Engineering and Technical Personnel of Russia: State and Prospects]. *Professional Education. Capital*, 2013, vol. 4, pp. 2–9. (in Russ.)

16. Knyazeva E.N., Kurdyumov S.P. *Osnovaniya sinergetiki: rezhimy s obostreniem, samoorganizatsiya, tempomiry* [Grounds for Synergetics: Mode with Exacerbation, Self-Organization, Paces of the Worlds]. St. Petersburg, Aleteyya Publ., 2002. 414 p.

17. Kotlyarova I.O. [Systematic and Synergetic Conception of Human Education]. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Education. Educational Science*, 2009, vol. 4, iss. 2, pp. 10–14. (in Russ.)

18. Kokhanovskiy V.P., Leshkevich T.G., Matyash T.P. *Filosofiya nauki v voprosakh i otvetakh* [Philosophy for Graduate Students]. Rostov-na-Donu, Feniks Publ., 2003. 448 p.

19. Kukushkin S.G., Luk'yanenko M.V., Churlyayeva N.P. [Some Problems in the Development of Engineering Ideas in Russia and Advanced Life-Long Professional Engineering Learning]. *Engineering Education*, 2010, vol. 6, pp. 76–83. (in Russ.)

20. Kupriyanycheva N.I., Kupriyanycheva E.B. [Development of Creative Abilities of Students in Technical University]. *Bulletin of Kazan Technological University*, 2011, vol. 11, pp. 309–314.

21. Latukhina K. *Uchenym – nauka. Vladimir Putin pogovoril s chlenami RAN o liderstve Rossii v tekhnologicheskoy revolyutsii* [For Scientists – Science. Vladimir Putin Talked with Members of the Russian Academy of Sciences about Russia's Leadership in the Technological Revolution]. Available at: https://rg.ru/2017/06/22/putin-prizval-uchenyh-sdelat-rossiiu-liderom-tehnologicheskoj-revoliucii.html (accessed 30.07.2017).

22. Leskova N. [Integration of Science and Education]. *Scientific American*, 2017, vol. 7. pp. 15–17. (in Russ.)

23. Liberman Ya.L., Lukashuk O.A., Kosheleva D.S. [A Study of Creativity of First Year Students of a Technical University]. *Pedagogical Education in Russia*, 2015, vol. 1, pp. 128–136. (in Russ.)

24. Livshits V.I. [Forming of Creativity in the Time of Training for Engineers of Mass Professions]. *Engineering Education*, 2012, vol. 9, pp. 26–37. (in Russ.)

25. Maslou A. *Novye rubezhi chelovecheskoy prirody* [The Farther Reaches of Human Nature]. Moscow, Smysl Publ., 1999. 425 p.

26. Matyushkin A.M. *Myshlenie, obuchenie, tvorchestvo* [Thinking, Learning, Creativity]. Voronezh, MODEK Publ., 2003. 720 p.

27. *Na forume rektorov vuzov Rossii i Kazakhstana v Chelyabinske zaklyucheno 40 dvustoronnikh soglasheniy o sotrudnichestve* [40 Bilateral Agreements on Cooperation were Signed at the Forum of Rectors of Universities of Russia and Kazakhstan in Chelyabinsk]. Available at: http://gubernator74.ru/news/na-forume-rektorov-vuzov-rossii-i-kazahstana-v-chelyabinske-zaklyucheno-40-dvuhstoronnih-22214 (accessed 03.03.2018).

28. *Na forume rektorov vuzov Rossii i Kazakhstana v Chelyabinske zaklyucheno 40 dvustoronnikh soglasheniy o sotrudnichestve* [40 Bilateral Agreements on Cooperation were Signed at the Forum of Rectors of Universities of Russia and Kazakhstan in Chelyabinsk]. Available at: https://www.msu.ru/press/smiaboutmsu/na-forume-rektorov-vuzov-rossii-i-kazakhstana-v-chelyabinske-zaklyucheno-40-dvukhstoronnikh-soglashe.html?sphrase_id=1404423 (accessed 03.03.2018).

29. Panov M.I. *Intuitsiya, logika, tvorchestvo* [Intuition, Logic, Creativity]. Moscow, Science Publ., 1987. 175 p.

30. Ponomarev Ya.A. *Psikhologiya tvorchestva* [The Psychology of Creativity]. Moscow, Science Publ., 1976. 304 p.

31. *Poslanie prezidenta Federal'nomu sobraniyu 1 marta 2018* [The President's Address to the Federal Assembly on 1 March 2018]. Available at: http://www.kremlin.ru/events/president/transcripts/messages/56957 (accessed 03.03.2018).

32. *Prezident provel v Novosibirske zasedanie Soveta po nauke i obrazovaniyu 28 fevralya 2018* [The President Held a Meeting of the Council for Science and Education in Novosibirsk on February 28, 2018]. Available at: http://www.kremlin.ru/events/president/news/56827 (accessed 01.03.2018).

33. *Profstandart: PS 19. Inzhener po priboram orientatsii, navigatsii i stabilizatsii letatel'nykh apparatov v raketno-kosmicheskoy promyshlennosti* [Professional Standard. PS-19. Engineer for Instruments of Orientation, Navigation and Stabilization of Aircraft in the Rocket and Space Industry]. Available at: http://classinform.ru/profstandarty (accessed 02.12.2016).

34. *Profstandart: PS 762. Spetsialist v oblasti proektirovaniya i soprovozhdeniya proizvodstva optotekhniki, opticheskikh i optiko-elektronnykh priborov i kompleksov* [Professional Standard. PS 762. Specialist in the Field of Design and Maintenance of Production of Optical Equipment, Optical and Optoelectronic Devices and Complexes]. Available at: http://classinform.ru/profstandarty (accessed 02.12.2016).

35. Gurevich K.M., Borisova G.M. *Psikhologicheskaya diagnostika* [Psychological Diagnostics]. Moscow, Moscow Psychological and Social Institute Publ., Voronezh, MODEK Publ., 2001. 368 p.

36. Rudskoy A.I. [NBIC-Convergent Engineering Education]. *Partnership of Civilizations*, 2013, no. 3, pp. 48–53. (in Russ.)

37. Sidorenko E.V. *Metody matematicheskoy obrabotki v psikhologii* [Methods of Mathematical Processing in Psychology]. St. Petersburg, Rech' Publ., 2006. 350 p.

38. *Sistema podgotovki inzhenerno-tekhnicheskikh kadrov. Informatsionno-analiticheskie materialy Gosudarstvennoy dumy. AV 2012 g.* [System of Engineering and Technical Personnel Training. Information and Analytical Materials of the State Duma. AV 2012]. Available at: http://www.duma.gov.ru (accessed 4.03.2017).

39. *ASS – press-konferentsiya. Podgotovka inzhenernykh kadrov: professii budushchego* [TASS Press Conference. Training of Engineers: Profession of the Future]. Available at: https://www.youtube.com/watch?v=U2LpvThGmM8 (accessed 05.06.2016).

40. Gromyko G.L. *Teoriya statistiki* [Theory of Statistics]. Moscow, INFRA-M Publ., 2011. 476 p.

41. *FGOS VO 3+ po napravleniyu podgotovki 12.03.01 "Priborostroenie" (uroven' bakalavriat)* [Federal State Educational Standard of Higher Education in the Direction of Preparation 12.03.01 "Instrument-Making" (Bachelor's Level)]. Available at: http://www.consultant.ru (accessed 02.10.2017).

42. *FGOS VO 3+ po napravleniyu podgotovki 24.03.02 "Sistemy upravleniya dvizheniem i navigatsiya" (uroven' bakalavriat)* [Federal State Educational Standard of Higher Education in the Direction of Preparation 24.03.02 "Motion Control Systems and Navigation" (Bachelor's Level)]. Available at: http://www.consultant.ru (accessed 02.10.2017).

43. *FGOS VO 3+ po napravleniyu podgotovki 24.04.02 "Sistemy upravleniya dvizheniem i navigatsiya" (uroven' magistratura)* [Federal State Educational Standard of Higher Education in the Direction of Preparation 24.04.02 "Motion Control Systems and Navigation" (Master's Degree)]. Available at: http://www.consultant.ru (accessed 02.10.2017).

44. *FGOS VO 3+ po spetsial'nosti 24.05.06 “Sistemy upravleniya letatel'nymi apparatami” (uroven' spetsialiteta)* [Federal State Educational Standard of Higher Education in the Specialty “Control Systems of Flying Machines” (Qualification “Specialist”)]. Available at: http://www.consultant.ru (accessed 02.10.2017).

45. *FGOS VO 3+ po napravleniyu podgotovki 12.04.01 “Priborostroenie” (uroven' magistratury)* [Federal State Educational Standard of Higher Education in the Direction of Preparation 12.03.01 “Instrument-Making” (Master's Degree)]. Available at: http://www.consultant.ru (accessed 02.10.2017).

46. Zakharova O.A., Cherkesova L.V., Akishin B.A. [An Engineering Thinking Phenomenon and the Modern Technical Education Role in the Training of a World-Level Engineer]. *World of Education-Education in the World*, 2016, vol. 3 (62), pp. 77–81. (in Russ.)

47. Shaykina V.A., Rebro I.V., Mustafina D.A. [Forming Engineering Thinking of the Student]. *European Student Scientific Journal*, 2013, vol. 2. (in Russ.)

48. Shakurova Z.A. *Osnovy matematicheskoy statistiki dlya psikhologov* [Fundamentals of Mathematical Statistics for Psychologists]. Chelyabinsk, South Ural St. Univ. Publ., 2000. 35 p.

49. Shpalinskiy V.V. *Psikhologiya menedzhmenta* [The Psychology of Management]. Moscow, URAO Publ., 2003. 84 p.

50. Yakovleva T *Chelyabinsk prinyal XIV Forum mezhregional'nogo sotrudnichestva Rossii i Kazakhstana* [Chelyabinsk Took the XIV Forum of Interregional Cooperation of Russia and Kazakhstan]. Available at: http://chel.mk.ru/articles/2017/11/15/chelyabinsk-prinyal-xiv-forum-mezhregionalnogo-sotrudnichestva-rossii-i-kazakhstana.html (accessed 03.03.2018).

51. Lucas B., Hanson J. Thinking Like an Engineer: Using Engineering Habits of Mind and Signature Pedagogies to Redesign Engineering. *IJEP*, 2016, vol. 6, iss. 2, pp. 4–13. DOI: 10.3991/ijep.v6i2.5366

52. Woks Sh., Trotskovsky E., Sabag N. Engineering Thinking: the Expert's Perspective. *International Journal of Engineering Education*, 2011, vol. 27 (4), pp. 838–851.

Received 30 March 2018

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Рожик, А.Ю. Креативная составляющая инженерного мышления: теоретическое и экспериментальное исследование / А.Ю. Рожик // Вестник ЮУрГУ. Серия «Образование. Педагогические науки». – 2018. – Т. 10, № 2. – С. 89–108. DOI: 10.14529/ped180212

FOR CITATION

Rozhik A.Yu. Creative Component of Engineering Thinking: Theoretical and Experimental Study. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Education. Educational Sciences*. 2018, vol. 10, no. 2, pp. 89–108. (in Russ.) DOI: 10.14529/ped180212