

DOI: <https://doi.org/10.31992/0869-3617-2020-29-1-76-87>

Математическая подготовка инженеров на основе ФГОС 3++

Татьяненко Светлана Александровна – канд. пед. наук, доцент. E-mail: tatyankenosa@tyuiu.ru

Чижикина Елена Сергеевна – канд. пед. наук, доцент. E-mail: chizhikovaes@tyuiu.ru

Тобольский индустриальный институт (филиал) Тюменского индустриального университета, Тобольск, Россия

Адрес: 626150, г. Тобольск, Зона Вузов, № 5

Аннотация. В статье рассматривается проблема математической подготовки инновационного поколения инженеров в условиях перехода на ФГОС 3++. Авторами выделены основные проблемы современного математического образования в России. Проведён анализ Федеральных государственных образовательных стандартов и рабочих учебных планов в разрезе требований к математической подготовке обучающихся по направлению 13.00.02 «Электроэнергетика и электротехника» в Тобольском индустриальном институте. В статье даётся авторское определение математической компетентности, формирование которой является целью математической подготовки инженера нового поколения, выделены её компоненты – *Hard Skills* и *Soft Skills*. На основе проведённого исследования предложена модель математической подготовки бакалавров технического вуза, опирающаяся на технологии STEM-образования, концепцию CDIO. Определено оптимальное содержание изучаемых разделов математических дисциплин, необходимое для успешного освоения учебного плана направления. Реализация модели предполагает использование в образовательном процессе инновационных форм и методов, направленных на формирование способностей планировать, проектировать, производить и применять сложные инженерные объекты, процессы и системы в условиях командной работы. Для определения сформированности математической компетентности выявлены критерии и показатели, на их основе выделены пять уровней сформированности математической компетентности (недостаточный, развивающийся, опытный, продвинутый, знаток). Предполагается, что внедрение разработанной модели позволит подготовить «инженерный спецназ», владеющий технологиями мирового уровня для решения прорывных производственных задач.

Ключевые слова: математическая компетентность, концепция CDIO, *Hard Skills*, *Soft Skills*, модель математической подготовки бакалавров, инновационные формы и методы обучения математике, STEM-технологии

Для цитирования: Татьянаненко С.А., Чижикина Е.С. Математическая подготовка инженеров на основе ФГОС 3++ // Высшее образование в России. 2020. Т. 29. № 1. С. 76-87.

DOI: <https://doi.org/10.31992/0869-3617-2020-29-1-76-87>

Введение

В условиях четвёртой промышленной революции «Индустрия 4.0» инженер должен не просто владеть фундаментальными и специализированными знаниями, но и

уметь применять их на практике, работать с большим объёмом информации, постоянно следить за развитием цифровых технологий, эффективно коммуницировать, работать в команде, соблюдать проектную дисципли-

ну, нести ответственность за результат [1]. На это ориентирует и основной принцип инновационной образовательной среды для подготовки нового поколения инженеров – CDIO (Conceive – Design – Implement – Operate / Придумывай – Разрабатывай – Внедряй – Управляй) [2]. Между тем, как показывает практика, выпускник зачастую не соответствует этим требованиям, в частности, в области математической подготовки. Большая часть выпускников технических вузов испытывает затруднения, связанные с *применением математических знаний* в своей профессиональной сфере. Каждый из них, конечно, изучал математику и сопряжённые с ней дисциплины на первом-втором курсах, однако не прослеживал связь математических знаний со своей будущей профессиональной деятельностью. Столкнувшись с некоторой проблемой на производстве и понимая, что она решается средствами математики, он не до конца представляет себе, какие знания из каких разделов следует задействовать. Поэтому проблема совершенствования содержания и методов преподавания математики, отвечающих современным требованиям обучения в высшей технической школе, приобрела особую актуальность. Эти и другие обстоятельства требуют трансформации математической подготовки будущих инженеров.

Математическая компетентность

Математика в техническом вузе – особая дисциплина, так как знания, полученные по математике, являются фундаментом для изучения инженерных дисциплин. Кроме того, возможности математики играют большую роль в формировании научного мировоззрения, личности будущего инженера. Проблема математической подготовки бакалавров рассматривалась во многих исследованиях [3–5], однако в них не затрагивалась проблема построения *целостной модели математической подготовки бакалавров* технического вуза в условиях ФГОС 3+++. Это обуславливает актуальность нашего исследования.

Целью математической подготовки инженера нового поколения, с нашей точки зрения, является формирование его *математической компетентности* [6–8], под которой мы понимаем интегративное качество личности, характеризующее способность демонстрировать математические знания и умения (Hard skills), а также оптимально применять эти знания и умения в широком спектре профессиональных задач (Soft skills). Анализ педагогической и методической литературы [9–11] позволил выделить *пять основных групп проблем математической подготовки бакалавров* в техническом вузе.

1. Преемственность по уровням «школа – вуз»:

- слабая школьная подготовка по математике (отсутствие навыка формулирования определений, теорем и постановки задачи, неумение применить учебный материал на практике и т.д.);
- проблемы адаптации первокурсников (различие методов и форм обучения в вузе и школе);
- слабые навыки самостоятельной работы обучающихся первого курса;
- отсутствие единой методики введения математических понятий в школе и в вузе.

2. Специфика математики как науки:

- повышенная абстрактность понятий и образов;
- большие возможности для развития компетенций и личностных качеств инженера на фоне низкой мотивации обучающихся к изучению математики.

3. Особенности ФГОС 3+++:

- сокращение количества часов, отведённых на изучение дисциплины;
- увеличение количества часов самостоятельной работы обучающихся;
- интенсификация процесса обучения;
- цифровизация образовательного процесса.

4. Кадровая проблема:

- использование преподавателями в основном традиционных форм и методов обучения;

Таблица 1

Сравнительная характеристика ГОС и ФГОС (в разрезе математической подготовки)

Table 1

Comparison of SES and FSES (in terms of the mathematical training)

ГОС / ФГОС	Содержание дисциплины	Наименование дисциплины по учебному плану	Количество часов на дисциплину: общее/ контактные	Результаты обучения
ГОС ВПО подготовки по специальности 551700 «Электроэнергетика» (второй уровень высшего профессионального образования) с 1 сентября 1997 г.	ГОС регламентирует обязательный минимум содержания дисциплины	«Математика», «Специальные разделы математики»	Регламентируется ГОС (901 ч. – блок «Математика и информатика») 800/427	Сформулированы в виде «Знать. Уметь. Владеть»
ФГОС ВПО по направлению подготовки 140400 «Электроэнергетика и электротехника» (квалификация (степень) «бакалавр»), утверждён приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 8 декабря 2009 г. № 710	Не регламентируется	«Математика», «Специальные разделы математики»	Устанавливается вузом; 800/403	Сформулированы в виде компетенций для цикла МиЕН (ОК 1, 6, 7, 11, 12, 15; ПК 1–4, 6, 7)
ФГОС ВО по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», утверждён Приказом Министерства образования и науки РФ от 3 сентября 2015 г. № 955.	Не регламентируется	«Высшая математика», «Специальная математика», «Математическая логика» или «Математическая статистика»	Устанавливается вузом 720/332	Сформулированы в виде компетенций (ОПК-2, ПК-1)
ФГОС ВО по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», утверждён Приказом Министерства образования и науки РФ от 28 февраля 2018 г. № 144.		«Высшая математика», «Теория вероятностей и математическая статистика»	Устанавливается вузом 540/204	Сформулированы в виде компетенций (ОПК-2)

- неспособность преподавателей адаптироваться к инновационным условиям образовательной политики;

- низкий уровень компьютерной грамотности НПП в области современных математических пакетов прикладных программ.

5. Методическое обеспечение:

- отсутствие электронных образовательных ресурсов, отвечающих современным требованиям;

- проблемы вузовского учебника (большинство суждений и умозаключений являются синтетическими, что характерно для математики как науки, а не для математики как деятельности);

- отсутствие учебных задач на развитие творчества, исследовательских навыков; су-

хость изложения учебного материала, формализм и отсутствие приложений.

Математическая подготовка на основе ФГОС 3++

Нами проанализированы изменения требований к содержанию и трудоёмкости математических дисциплин в государственных образовательных стандартах разных поколений (Табл. 1). За основу были взяты рабочие учебные планы специальности 551700 «Электроэнергетика» (2004 г.), направления подготовки бакалавров 140400 «Электроэнергетика и электротехника» (2009 г.), направления подготовки бакалавров 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» (2015 г.), 13.03.02 «Электроэнергетика и

электротехника» (2019 г.) в Тюменском индустриальном университете.

Из таблицы 1 видно, что начиная с 2004 г. происходит значительное сокращение как общей трудоёмкости дисциплины, так и контактных часов. Общее количество отведённых на изучение математических дисциплин часов сократилось на 260 ч. (на 32,5%), контактные часы уменьшились вдвое (52,2%).

В ГОС ВПО были перечислены конкретные разделы курса «Математика», которые являлись обязательными для освоения: алгебра (основные алгебраические структуры, векторные пространства и линейные отображения, булевы алгебры); геометрия (аналитическая геометрия, многомерная евклидова геометрия, дифференциальная геометрия кривых и поверхностей, элементы топологии); дискретная математика (логические исчисления, графы, теория алгоритмов, языки и грамматики, автоматы, комбинаторика); анализ (дифференциальное и интегральное исчисление, элементы теории функций и функционального анализа, теория функций комплексного переменного, дифференциальные уравнения); вероятность и статистика (элементарная теория вероятностей, математические основы теории вероятностей, модели случайных процессов, проверка гипотез, принцип максимального правдоподобия, статистические методы обработки экспериментальных данных). С появлением ФГОС ВПО содержание дисциплин строго не регламентируется. Вуз вправе самостоятельно определять дидактические единицы, ориентируясь на примерные программы математических дисциплин цикла МиЕН ФГОС ВПО.

В ГОС ВПО результаты обучения в области математики и информатики представлены в виде требований по циклу математических и общих естественнонаучных дисциплин: бакалавр должен «иметь представление о...», «знать и уметь использовать...», «иметь опыт...». С переходом на компетентностную модель образования результаты обучения математике представлены в виде

компетенций. В ФГОС ВПО регламентируются компетенции в рамках освоения цикла МиЕН (выбор автора рабочей программы учебной дисциплины) из следующего списка:

- способность к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей её достижения (ОК-1);
- способность к переоценке накопленного опыта, анализу своих возможностей в условиях развития науки и изменяющейся социальной практики, готовность приобретать новые знания, использовать различные средства и технологии обучения (ОК-6);
- готовность к самостоятельной, индивидуальной работе, принятию решений в рамках своей профессиональной компетенции (ОК-7);
- способность и готовность к практическому анализу логики различного рода рассуждений, к публичным выступлениям, аргументации, ведению дискуссии и полемики (ОК-12);
- способность демонстрировать базовые знания в области естественнонаучных дисциплин и готовность использовать основные законы в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования (ПК-2);
- готовность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и способность привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат (ПК-3);
- способность и готовность анализировать научно-техническую информацию, изучать отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования (ПК-6).

В ФГОС 3+ и ФГОС 3++ определены только общие требования к результатам освоения образовательной программы, без конкретизации по циклам/дисциплинам (на выбор вуза): способность применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных

Таблица 2

Обеспечиваемые (последующие) дисциплины учебного плана направления подготовки бакалавриата
13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Table 2

Ensured (following) disciplines of the curriculum of the bachelor's field of study No. 13.00.02 "Electrical power engineering and electrical engineering"

Раздел дисциплины «Математика»	Обеспечиваемые (последующие) дисциплины	Распределение часов; контактная /самостоятельная работа
Дифференциальные уравнения	Физика; Техническая механика; Теоретические основы электротехники; Электрические машины; Электрические и электронные аппараты; Общая энергетика; Электрическая часть электростанций и подстанций; Электроэнергетические системы и сети; Приёмники и потребители электрической энергии систем электроснабжения; Электроснабжение; Переходные процессы; Проектирование и конструирование систем электроснабжения; Режимы работы систем электроснабжения; Теория автоматического управления в электрических системах; Электрический привод; Электромагнитная совместимость в электроэнергетике; Электропривод в нефтегазовой отрасли; Энергоснабжение; Альтернативная энергетика; Физика электротехнических материалов	28/50
Интегральное исчисление	Физика; Химия; Техническая механика; Теоретические основы электротехники; Электрические и электронные аппараты; Общая энергетика; Электрическая часть электростанций и подстанций; Режимы работы систем электроснабжения; Теория автоматического управления в электрических системах; Электромагнитная совместимость в электроэнергетике; Энергоснабжение; Альтернативная энергетика; Физика электротехнических материалов	36/60
Теория вероятностей и математическая статистика	Метрология, стандартизация и сертификация; Электроснабжение; Проектирование и конструирование систем электроснабжения; Основы эксплуатации систем электроснабжения; Режимы работы систем электроснабжения; Электроника; Надёжность электроснабжения; Социология	68/112
Векторная алгебра	Физика; Техническая механика; Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем; Электрические машины; Электропривод в нефтегазовой отрасли; Электрический привод	12/20
Математическая логика	Метрология, Стандартизация и сертификация; Промышленная электроника; Информационно-измерительная техника; Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем; Микропроцессорные системы	12/22
Дифференциальное исчисление	Физика; Химия; Техническая механика; Основы экономики; Физика электротехнических материалов	10/18
Линейная алгебра	Техническая механика; Основы экономики; Теоретические основы электротехники; Экономика электроэнергетики	12/20
Комплексные числа	Теоретические основы электротехники; Электрические машины; Электроэнергетические системы и сети	10/16
Ряды и теория графов	Теоретические основы электротехники	16/18
	Итого часов	204/336

задач (ОПК-2); способность участвовать в планировании, подготовке и выполнении типовых экспериментальных исследований по заданной методике (ПК-1).

На наш взгляд, возможности математических дисциплин в формировании универсальных и общепрофессиональных компетенций значительно шире, чем они пред-

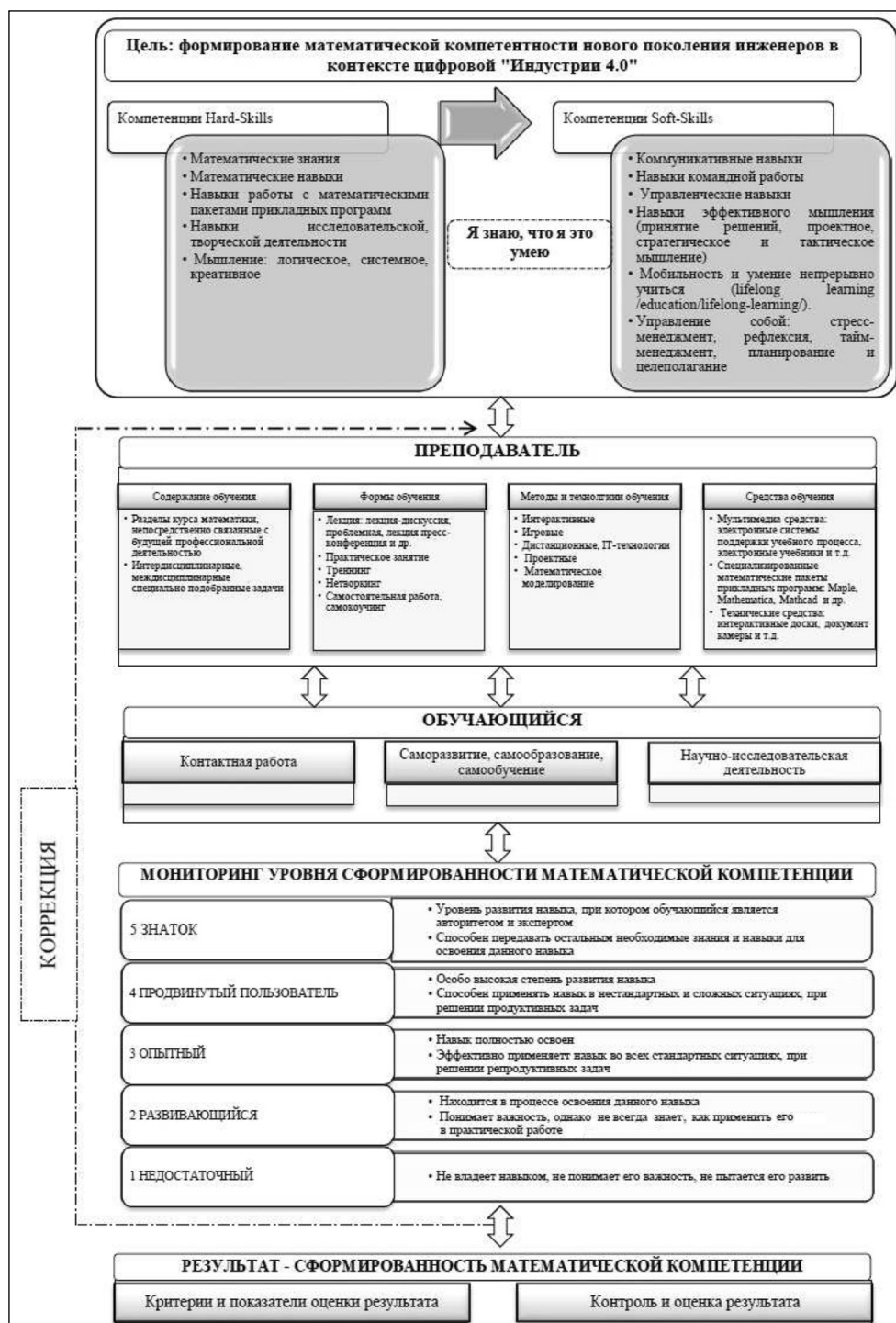


Рис. 1. Модель математической подготовки бакалавров технических направлений
 Fig. 1. Model of the bachelors' mathematical training in the technological fields of study

Новый учебный план на основе лучших мировых практик	• Сочетание классического российского инженерного образования и международной практико-ориентированной инженерной подготовки
Новые дисциплины и модули	• Специальные инженерные дисциплины, разработанные совместно с ведущими высокотехнологичными компаниями региона (СИБУР, РОСНЕФТЬ, ГАЗПРОМ, СУЭНКО)
Развитие soft skills студентов	• Специальные дисциплины и технологии по развитию лидерских качеств, коммуникации, командной работы (Тайм-менеджмент, Основы деловой этики и корпоративной культуры и т.п.)
Активное обучение	• В процессе обучения преобладают современные образовательные технологии, в том числе деловые, имитационные игры, тренинги, коучинг, электронное обучение
Сетевые договоры с ведущими компаниями	• Отдельные дисциплины реализуются совместно с ведущими промышленными холдингами (СИБУР, СУЭНКО и др.). Выдается документ о корпоративном обучении.
Реальное трудоустройство	• Работодатели активно участвуют в учебном процессе как преподаватели, эксперты, руководители практики, HR-менеджеры. Реальная практика на предприятиях согласно графику учебного процесса

Рис. 2. Особенности обучения CDIO в ТИУ

Fig. 2. Features of CDIO training in Industrial University of Tyumen

ставлены в ФГОС 3++. Поэтому возникает необходимость доработки модели математической подготовки бакалавров технических направлений (Рис. 1).

Для определения актуального содержания дисциплины «Математика» был проанализирован учебный план направления подготовки бакалавриата 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», а также проведён опрос среди преподавателей вуза с целью выявления разделов математики, которые необходимы для успешного изучения дисциплин учебного плана. Это было сделано для того, чтобы оптимально распределить аудиторные часы для изучения тех или иных тем.

В результате нашего исследования установлено, что наибольшее количество часов должно быть отведено на изучение раздела «Дифференциальные уравнения» (его используют 20 дисциплин учебного плана), несколько менее – на раздел «Интегральное исчисление» (12 дисциплин) и «Теория

вероятностей и математическая статистика» (8 дисциплин) (Табл. 2). Поэтому требуется пересмотреть рабочую программу дисциплины «Математика» и скорректировать количество часов, отводимых на определённые разделы курса.

Преподавание математики, на наш взгляд, должно в большей степени ориентироваться на междисциплинарные связи [12]. На это нацеливает также международная инициатива в области подготовки нового поколения инженеров – CDIO (Conceive – Design – Implement – Operate / Придумывай – Разрабатывай – Внедряй – Управляй) [13; 14]. Суть концепции: инженер – это человек, способный изменить мир к лучшему. В соответствии с таким подходом перед современным техническим вузом стоит задача готовить выпускников, способных планировать, проектировать, производить и применять сложные инженерные объекты, процессы и системы с добавленной стоимостью в условиях команд-

Таблица 3

Критерии и показатели оценки результатов сформированности математической компетентности

Table 3

Criteria and estimated results of the well-formed mathematical competence

Компонент	Критерии	Показатели	Форма контроля
Hard Skills	Математические знания	1.1. Полнота 1. 2. Прочность	Тесты, контрольные работы, индивидуальные домашние задания, интернет-экзамен в сфере профессионального образования (ФЭПО)
	Математические умения, навыки	1. 3. Осознанность 1.4. Умение применить математические знания в решении профессиональных задач	Тесты, индивидуальные домашние задания, защита проекта, его презентация
	Навыки работы с математическими пакетами прикладных программ	1. 5. Прочность 1. 6. Осознанность	Индивидуальные домашние задания, защита проекта, его презентация, виртуальные лабораторные работы
	Навыки исследовательской, творческой деятельности	1.7. Содержание 1.8. Оформление и презентация 1.9. Наличие исследовательского потенциала	Защита проекта, его актуальность, новизна и презентация, эссе
	Владение приёмами логического, системного мышления	1.10. Полнота 1.11. Прочность 1.12. Осознанность	Тесты, контрольные работы, индивидуальные домашние задания, интернет-экзамен в сфере профессионального образования (ФЭПО)
Soft Skills	Коммуникативные навыки	2.1. Умение слушать собеседника 2.2. Умение расположить к себе собеседника 2.3. Умение грамотно формулировать свою точку зрения	Устный опрос, экзамен, публичные выступления, взаимоконтроль, собеседование
	Навыки командной работы, управленческие навыки	2.4. Способность принимать решения, отстаивать свою точку зрения 2.5. Лидерские способности 2.6. Толерантность	Анкетирование, защита группового проекта, его презентация, социометрия, взаимоконтроль
	Навыки эффективного мышления	2.7. Способность выбора эффективных средств для достижения цели 2.8. Способность быстрого принятия решения	Анкетирование, защита группового проекта, его презентация, устный опрос, коллоквиум, собеседование
	Мобильность и умение непрерывно учиться	2.9. Адаптивность 2.10. Способность к саморазвитию 2.11. Самостоятельность	Анкетирование, индивидуальные домашние задания, тесты, контрольные работы
	Управление собой	2.12. Саморегуляция 2.13. Самооценка 2.14. Стрессоустойчивость	Собеседование, анкетирование, тесты, публичные выступления

ной работы. В Тюменском индустриальном университете и его филиале (Тобольском индустриальном институте) уже реализуются элементы концепции CDIO (Рис. 2).

В условиях перехода на ФГОС 3++ нужно менять традиционные методы преподавания

высшей математики в вузах. Мы считаем, что на смену монологичному, иллюстративному, репродуктивному способу изложения материала, должны прийти активные и интерактивные методы преподавания, направленные на формирование математической компе-

тентности бакалавров-инженеров. Среди них – проектное обучение; командная работа (метод малых групп); IT-технологии (MatLab, SciLab, MathCad, Mapl, Statistika); дистанционное (электронное) обучение; междисциплинарный подход; case-study; математическое моделирование; технология «перевернутый класс» («flipped classroom»). В настоящий момент становится популярной идеология STEM-STEAM-STREAM-образования. В нашей стране такой подход только начинает внедряться в преподавание в средней школе, в высшей он пока не нашёл своего применения. STEM – новая образовательная технология, совмещающая несколько предметных областей: науки, технологии, инженерии, математику. В эпоху цифровизации общества, перехода на инновационные прорывные технологии такая образовательная технология становится чрезвычайно актуальной [16–18].

Для того чтобы проверить сформированность математической компетентности, важно иметь систему критериев и показателей. Такие системы уже были предложены [18]. В таблице 3 представлены критерии и показатели оценки результатов сформированности математической компетентности, а также формы контроля для их проверки, разработанные авторами данной статьи.

Заключение

Представленная выше модель формирования математической компетентности может стать основой фундаментальной подготовки инновационного инженера, что соответствует задаче «совершенствования системы образования в соответствии с вызовами экономики нового технологического уклада – цифровой экономики, в том числе подготовки “инженерного спецназа” и кадров высшей квалификации, владеющих технологиями мирового уровня для решения уникальных производственных задач» [19, с. 49].

Литература

1. Dreber R., Kammasch G. Engineering Education in the 21st Century // Proceedings of 2014 International Conference on Collaborative Learning (ICL), 2014. P. 432–435.
2. Кроули Э.Ф., Малмквист Й., Остлунд С., Бродер Д.Р., Эдстрем К. Переосмысление инженерного образования. Подход CDIO. М.: ВШЭ, 2015. 504 с.
3. Банникова Т.М., Баранова Н.А., Леонов Н.И. Профессиональная математическая подготовка бакалавра: компетентностный подход. Ижевск: Удмуртский университет, 2012. 152 с.
4. Дробышева И.В., Дробышев Ю.А. О математической подготовке будущих бакалавров экономики в условиях компетентностного подхода // Современные проблемы науки и образования. 2017. № 3. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=26455>
5. Татьяненко С.А. Особенности математической подготовки бакалавров в техническом вузе. Тюмень: Изд-во ТИУ, 2018. 135 с.
6. Бурмистрова Н.А. Математическая компетентность как качество многоуровневой инновационной математической подготовки студентов экономических университетов в интересах устойчивого развития // XIV Международная научно-практическая конференция «Образование через всю жизнь: непрерывное образование в интересах устойчивого развития». Красноярск: Изд-во Сибирского федерального ун-та, 2016. URL: <http://conf.sfu-kras.ru/lifelong-education/participant/15309>
7. Сергеева Е.В. Развитие математической компетентности студентов вузов в процессе профессиональной подготовки по техническим профилям: Автореф. дис. ... канд. пед. наук. Екатеринбург, 2017. 23 с.
8. Иляшенко А.К. Формирование математической компетентности будущего инженера по нефтегазовому делу: Дис. ... канд. пед. наук: 13.00.08. Сургут, 2010. 210 с.
9. Tatyanyenko S.A., Prokutina E.V., Chizbikova E.S. Integrated Elective Course on “The Essentials of the Engineering Culture” // Social Science and Arts. SGEM 2016: 3rd International Multidisciplinary Scientific Conference. Education and Educational Research. Sofia, Bulgaria, 2016. P. 493–501.
10. Колбина Е.В. Методика формирования математической компетентности студентов технических вузов в проблемно-прикладном контексте обучения: Автореф. дис. ... канд. пед. наук. Барнаул, 2016. 21 с.
11. Матвейкина В.П. Модель формирования математической компетентности студентов

- университета // Вестник ОГУ. 2012. № 2 (138). С. 115–121.
12. Минаева А.М., Чижигова Е.С. Межпредметные связи математики с другими дисциплинами в техническом вузе // Материалы XXII Всероссийской (с международным участием) научно-практической конференции «Инновации. Интеллект. Культура» (Тобольск, 13 февраля 2015 г.). Тюмень: Изд-во, 2015. С. 64–66.
 13. Edström K., Kolmos A. PBL and CDIO: Complementary models for engineering education development // European Journal of Engineering Education. 2014. Vol. 39. Iss. 5. P. 539–555.
 14. Чучалин А.И. Модернизация трёхуровневого высшего образования на основе ФГОС 3++ и CDIO++ // Высшее образование в России. 2018. Т. 27. № 4. С. 22–32.
 15. Чучалин А.И. Инженерное образование в эпоху индустриальной революции и цифровой экономики // Высшее образование в России. 2018. Т. 27. № 10. С. 47–62.
 16. Бахтизин Р.Н., Баулин О.А., Мазитов Р.М., Шайхутдинова Н.А. Трансформация системы подготовки специалистов в условиях перехода на ФГОС 3++ // Высшее образование в России. 2019. Т. 28. № 5. С. 104–110.
 17. Юшко С.В., Галиханов М.Ф., Кондратьев В.В. Интегративная подготовка будущих инженеров к инновационной деятельности для постиндустриальной экономики // Высшее образование в России. 2019. Т. 28. № 1. С. 65–75.
 18. Сергеева Е.В. Критерии, определяющие уровень развития математической компетентности студентов // Мир науки: Интернет-журнал. 2016. Т. 4. № 1. URL: <http://mir-nauki.com/PDF/37PDMN116.pdf>
 19. Стратегия развития инженерного образования в Российской Федерации на период до 2020 года. Проект / А.И. Рудской, А.А. Александров, П.С. Чубик, А.И. Боровков, П.И. Романов. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2017. 53 с.

Статья поступила в редакцию 12.07.19

После доработки 20.09.19

Принята к публикации 06.12.19

Mathematical Training of Engineers in the Context of Transition to FSES 3++

Svetlana A. Tatianenko – Cand. Sci. (Education), Assoc. Prof., e-mail: tatyanenkosa@tyuiu.ru
Elena S. Chizhikova – Cand. Sci. (Education), Assoc. Prof., e-mail: chizhikovaes@tyuiu.ru
 Tobolsk Industrial University, branch of the Tyumen Industrial University, Tobolsk, Russia
 Address: 5 Zona Vuzov, Tobolsk, 626150, Russian Federation

Abstract. The article deals with the problem of the transformation of mathematical training of the innovative engineers' generation during the transition to the Federal State Educational Standards 3++. Mathematical education plays a significant role in training of engineers. The authors highlight the main problems of modern mathematical education in Russia. The analysis of the Federal state educational standards and working curricula in the context of the requirements for the mathematical training of students in the field of study No. 13.00.02 "Electrical power engineering and electrical engineering" studying at Tobolsk Industrial Institute, branch of the Tyumen Industrial University was conducted. The article provides the authors' definition of mathematical competence, the development of which is the purpose of the mathematical training of a new generation of engineers, considers such components of the mathematical competence as Hard Skills and Soft Skills. On the basis of the conducted research, a model of the mathematical training for bachelors of a technical university was proposed in the context of the transition to the FSES 3++ based on the innovative STEM education technologies and the CDIO concept. The article determines an optimal content of the studied sections of mathematical disciplines necessary for the successful mastering of the curriculum of the field. The implementation of the model involves the use of innovative forms and methods in the educational process aimed at development of the abilities to plan, design, produce and

apply complex engineering objects, processes, and systems in modern teamwork conditions. To determine whether the mathematical competence has been well-formed, criteria and indicators were identified. On their basis, five levels of the formed mathematical competence were distinguished: insufficient, developing, experienced, advanced, expert. It is assumed that the implementation of the developed model will allow to train an “engineering special forces” knowing world-class technologies to ensure breakthrough in solving production problems.

Keywords: mathematical competence, CDIO concept, hard skills, soft skills, bachelors’ mathematical training model, innovative teaching methods in mathematics, STEM technologies

Cite as: Tatianenko, S.A., Chizhikova, E.S. (2020). Mathematical Training of Engineers in the Context of Transition to FSES 3++. *Vysshee obrazovanie v Rossii = Higher Education in Russia*. Vol. 29, no. 1, pp. 76-87. (In Russ., abstract in Eng.)

DOI: <https://doi.org/10.31992/0869-3617-2020-29-1-76-87>

References

1. Dreher, R., Kammasch, G. (2014). Engineering Education in the 21st Century. *Proceedings of 2014 International Conference on Collaborative Learning (ICL)*, pp. 432-435.
2. Crawley, E.F., Malmqvist, J., Östlund, S., Brodeur, D.R., Edström, K. (2014). *Rethinking Engineering Education: The CDIO Approach*. Springer International Publishing, 311 p. (Russian translation: Moscow: HSE Publ., 2015, 504 p.)
3. Bannikova, T.M., Baranova, N.A., Leonov, N.I. (2012). *Professional'naya matematicheskaya podgotovka bakalavra: kompetentnostnyi podkhod* [Professional Mathematical Preparation of a Bachelor: Competence Approach]. Izhevsk: Udmurt State Univ. Publ., 152 p. (In Russ.)
4. Drobysheva, I.V., Drobyshch, Yu.A. (2017). [On Mathematical Training of Future Bachelors of Economics in Terms of Competency-Based Approach]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya = Modern Problems of Science and Education*. Available at: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=26455> (In Russ.)
5. Tatianenko, S.A. (2018). *Osobennosti matematicheskoi podgotovki bakalavrov v tekhnicheskom vuze* [Features of Bachelor's Training in Mathematics at Technical University]. Tyumen: Tyumen Industrial Univ. Publ., 135 p. (In Russ.)
6. Burmistrova, N.A. (2016) Mathematical Competence as an Innovative Multi-level Quality of Mathematical Preparation of Students of Economic Universities for Sustainable Development. In: *XIV Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya «Obrazovanie cherez vsyu zhizn': nepreryvnoe obrazovanie v interesakh ustoychivogo razvitiya»* (2016) [Lifelong Education: Continuing Education for the Benefit of Sustainable Development: Proc. XIV Sci. and Practical Conf., Krasnoyarsk, 22-29 Sept 2016]. Krasnoyarsk: Siberian Federal Univ. Publ. Available at: <http://conf.sfu-kras.ru/lifelong-education/participant/15309> (In Russ.)
7. Sergeeva, E.V. (2017). *Razvitie matematicheskoi kompetentnosti studentov vuzov v protsesse professional'noi podgotovki po tekhnicheskim profilyam. Cand. Diss.* [Development of Mathematical Competence in Students during Professional Technical Training: Cand. Sci. (Education) Diss. Abstract]. Ekaterinburg, 23 p. (In Russ.)
8. Ilyashenko, L.K. (2010). *Formirovanie matematicheskoi kompetentnosti budushchego inzhenera po neftegazovomu dely: Cand. Diss.* [Development of Mathematical Competence of a Future Engineer in Oil and Gas Field: Cand. Sci. (Education: 13.00.08). Diss. Abstract]. Surgut, 210 p. (In Russ.)
9. Tatyshenko, S.A., Prokutina, E.V., Chizhikova, E.S. (2016). Integrated Elective Course on the Essentials of the Engineering Culture. *Social Science and Arts. SGEM 2016: 3rd Interna-*

- tional Multidisciplinary Scientific Conference. Education and Educational Research*. Sofia, pp. 493-501.
10. Kolbina, E.V. (2016). *Metodika formirovaniya matematicheskoi kompetentnosti studentov tekhnicheskikh vuzov v problemno-prikladnom kontekste obucheniya: Cand. Diss.* [Methods to Develop Mathematical Competence of Technical Universities' Students in the Context of Problematic and Applied Education: Cand. Sci. (Education) Diss. Abstract]. Barnaul, 21 p. (In Russ.)
 11. Matveikina, V.P. (2012). [Model of Forming a Mathematical Competence of University Students]. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta = Vestnik of the Orenburg State University*. No. 2 (138), pp. 115-121. (In Russ., abstract in Eng.)
 12. Minaeva, A.M., Chizhikova, E.S. (2015). [Interdisciplinary Connections Between Mathematics and Other Disciplines in Technical University]. In: *Materialy XXII Vserossiiskoi (s mezhdunarodnym uchastiem) nauchno-prakticheskoi konferentsii "Innovatsii. Intellekt. Kultura"* [Innovations. Intelligence. Culture: Proc. XXII All-Russian Sci. and Practical Conf., Tobolsk, February 13, 2015]. Tyumen: TjumGASU Publ., pp. 64-66. (In Russ.)
 13. Edström, K., Kolmos, A. (2014). PBL and CDIO: Complementary Models for Engineering Education Development. *European Journal of Engineering Education*. Vol. 39, Issue 5, pp. 539-555.
 14. Chuchalin, A.I. (2018). Modernization of Three-Cycle Higher Education Based on FSES 3++ and CDIO++. *Vysshee obrazovanie v Rossii = Higher Education in Russia*. Vol. 27, no. 4, pp. 22-32. (In Russ., abstract in Eng.)
 15. Chuchalin, A.I. (2018). Engineering Education in the Epoch of the Industrial Revolution and Digital Economy. *Vysshee obrazovanie v Rossii = Higher Education in Russia*. Vol. 27, no. 10, pp. 47-62. (In Russ., abstract in Eng.)
 16. Bakhtizin, R.N., Baulin, O.A., Mazitov, R.M., Shaikhutdinova, N.A. (2019). Transformation of the System of Training Specialists During the Transition to FSES 3++. *Vysshee obrazovanie v Rossii = Higher Education in Russia*. Vol. 28, no. 5, pp. 104-110. (In Russ., abstract in Eng.)
 17. Yushko, S.V., Galikhanov, M.F., Kondratyev, V.V. (2019). Integrative Training of Future Engineers to Innovative Activities in Conditions of Postindustrial Economy. *Vysshee obrazovanie v Rossii = Higher Education in Russia*. Vol. 28, no. 1, pp. 65-75. (In Russ., abstract in Eng.)
 18. Sergeeva, E.V. (2016). [The Criteria for Determining the Level of Mathematical Competence of Students]. *Mir nauki: Internet-zhurnal = World of Science: Internet-journal*. Vol. 4, no. 1. Available at: <http://mir-nauki.com/PDF/37PDMN116.pdf> (In Russ.)
 19. Rudskoi, A.I., Aleksandrov, A.A., Chubik, P.S., Borovkov, A.I., Romanov, P.I. (2017). *Strategiya razvitiya inzhenerenogo obrazovaniya v Rossiiskoi Federatsii na period do 2020 goda* [Strategy for Development of Engineers' Education in the Russian Federation for the Period until 2020]. St. Petersburg.: Polytechnic University Publ., 53 p. (In Russ.)

The paper was submitted 12.07.19
Received after reworking 20.09.19
Accepted for publication 06.12.19