

УДК 621.01: 378.147

doi:10.18720/SPVPU/2/id24-82

Т.В. Маркова¹, В.П. Третьяков²

ФОРМИРОВАНИЕ ИНЖЕНЕРНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ ПРИ ИЗУЧЕНИИ БАЗОВЫХ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ДИСЦИПЛИН



¹Татьяна Владимировна Маркова,
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра
Великого
Россия, Санкт-Петербург
Тел.: (812)552-7514, E-mail: markova_tv@spbstu.ru



²Валерий Павлович Третьяков,
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра
Великого
Россия, Санкт-Петербург
Тел.: (812)552-9302, E-mail: tret'yakov_vp@spbstu.ru

Аннотация

В работе рассмотрены возможности совершенствования организации учебной деятельности студентов при изучении базовых профессиональных дисциплин «Инженерная графика» и «Технология конструкционных материалов», формирующих начальный уровень инженерных компетенций. С опорой на таксономию Б. Блума выполнен сравнительный анализ целей выполнения курсовых работ по этим дисциплинам и результатов обучения. Выявлены особенности, причины проблем и пути решения. Показано, что формулировка целей определяет качество учебного процесса. Выраженные междисциплинарные связи позволили разработать общую таксономию образовательных целей, которая может служить основой для совершенствования рабочих программ дисциплин, методик проведения занятий, разработки методов контроля уровня усвоения материала и формирования запланированных умений и навыков.

Ключевые слова: инженерная графика, инженерная геометрия и компьютерная графика, технология конструкционных материалов, базовые профессиональные дисциплины, цели обучения, таксономия Б. Блума.

Введение

Повышение качества высшего образования является важной составляющей в общей концепции реализации масштабной системной программы развития экономики нового технологического поколения [1]. Для решения этой задачи актуальным становится применение современной методологии и технологий профессионального образования с учётом планируемых преобразований в ближайшей перспективе [2].

Изучение общепрофессиональных дисциплин обязательного базового модуля (Professional Core) для укрупнённой группы специальностей и направлений (УГСН) «Машиностроение» начинается с первого семестра. При этом обязательные модули профильной направленности служат для достижения общих результатов обучения, соответствующих определенному виду, области или объекту профессиональной деятельности и формирования общепрофессиональных и частично профессиональные компетенций. После второго курса обучения студентам предоставляется право выбора направлений подготовки (специальностей) в рамках УГСН на конкурсной основе [3].

Задачей данного исследования является анализ процесса и инструментов формирования инженерных компетенций при выполнении курсовых работ в рамках изучения студентами общепрофессиональных дисциплин «Инженерная графика» (ИГ) и «Технология конструкционных материалов» (ТКМ).

Методы

Эффективность обучения обеспечивается многими факторами. Вопросы оптимизации учебного процесса, изменения подходов с применением активных и интерактивных форм обучения [4] и компетентностно-деятельностного подхода [5], ролевых игр и гибридного обучения как сочетания самостоятельной работы студентов при очной и частично, дистанционной форм обучения [6–9] – наиболее часто обсуждаемые в профессиональном сообществе.

Обзор публикаций показал, что среди проблем частных дисциплин выделяются вопросы общего характера, один из которых – вопрос постановки педагогических целей и контроля их достижения.

Четко сформулированные цели помогают преподавателю определить содержание учебного материала, объём и содержание заданий, методов преподавания, оценить результаты обучения. Четкая формулировка предполагает обеспечение возможности контроля результатов, поэтому они должны быть выражены в действиях, причем таких, которые преподаватель или какой-либо другой эксперт могут надежно опознать. Также через

действия должны быть описаны и цели [10]. Этим требованиям отвечает, например, так называемая модель ABCD (Audience, Behavior, Condition, Degree – Аудитория, Формулировка ожидаемых показателей, Условия, Степень достижения) [11], согласно которой цель должна давать ответы на вопросы:

- кто обучаемый?
- что именно он сможет сделать по завершении обучения? какие действия совершить?
- при каких условиях он это сможет делать?
- насколько хорошо он это сможет делать? Каковы критерии уровня выполнения действия (при необходимости).

Поскольку оценивается действие, то и в формулировке заданий все глаголы, описывающие состояние, к которым, в частности, относятся такие слова, как «знать», «понимать», «уметь», «обладать» и «быть знакомым», должны быть заменены глаголами действия, которые могут быть разными в зависимости от контекста, например, перечисленные выше глаголы можно заменить словами «перечислить», «написать», «выделить», «демонстрировать» и «выбрать» соответственно [10]. Цели должны быть конкретными, а результаты измеримыми. Так, например, цель «Студент должен знать, когда нужно обозначать разрезы на чертеже» следует заменить на «Студент должен перечислить условия, когда разрез на чертеже нужно обозначить».

Очевидно, что можно рассматривать цели разного уровня: одного занятия, одного задания или всего курса, т. е. нужна классификация целей. В мировой практике основой при формировании целей учебной деятельности является таксономия (классификация) Б. Блума, разработанная в 1956 г. [12], усовершенствованная Андерсоном и Кратволом в 2001 г. [13], и не потерявшая практической значимости до сих пор. Выделяют когнитивные, аффективные (эмоционально-ценностные) и психомоторные цели. Учебные цели обновленной таксономии Блума делятся на категории: запоминание (знание), понимание, применение, анализ, оценка и создание, которые составляют пирамиду целей, где каждый предыдущий этап становится основой для следующего и в то же время дает основания для оценки результатов обучения [14].

Приемы формирования целей на основе таксономии Блума описаны во множестве публикаций [15–19]. Применение таксономии Блума проводят в несколько этапов: сначала выделяют цели курса, затем цели текущей, повседневной деятельности, осуществляя переход от обобщенных образовательных целей, конкретизируя их, к общим учебным. Дальнейшая конкретизация позволяет рассматривать вопросы целеполагания отдельных заданий. Для описания целей и результатов обучения используются глаголы действия [20].

В данной работе с опорой на таксономию Блума проводится анализ базовых профессиональных дисциплин подготовки бакалавров «Инженерная графика» и «Технология конструкционных материалов», служащих основой для дальнейшего освоения других общеинженерных и специальных курсов.

Результаты

Самые первые знания студенты получают при изучении начертательной геометрии – первого раздела дисциплины «Инженерная графика». Здесь формируется понимание основных принципов получения изображений на чертеже: понятия проекционной связи, правил построения плоских моделей пространственных геометрических объектов, составляющих тела технических объектов. С учетом дидактического принципа возрастания сложности построено дальнейшее обучение правилам разработки и оформления конструкторской документации в рамках следующего раздела – непосредственно инженерной графики.

Целью этого этапа является формирование знаний основных стандартов Единой системы конструкторской документации (ЕСКД), навыков работы в системе автоматизированного проектирования (САПР) "Компас-3D", разработки 3D-моделей объектов технического назначения. Сначала, на примере простых деталей рассматриваются правила оформления чертежа: стандарты об изображениях на чертеже, форматах, линиях, масштабах и т. п. Следующее задание – расчётно-графическая работа, результатом выполнения которой является конструкторская документация на сборочную единицу, содержащую разъёмные соединения деталей машин. В процессе работы изучаются правила применения и оформления на чертеже изображений резьбовых и других разъёмных соединений с помощью стандартных крепежных деталей. Студенты знакомятся с требованиями к содержанию и оформлению сборочного чертежа и спецификации. Подбор стандартных деталей и конструктивных элементов деталей машин выполняется с использованием библиотек "Компас-3D". В ходе работы изучаются инструменты 3D-моделирования.

В третьем семестре, в рамках курса инженерной графики продвинутого уровня студенты инженерно-технологических направлений подготовки выполняют курсовую работу «Разработка конструкторской документации на сборочную единицу по схеме, описанию и чертежам деталей». Повышенный уровень сложности обусловлен заданием, выполнение которого требует работы с большим объемом новой информации и подразумевает элементы конструирования: студенты должны предложить варианты усовершенствования конструкции, а одну из деталей заменить

сварной сборочной единицей, разработав необходимую для ее изготовления конструкторскую документацию [21].

Эта работа – завершающая в курсе инженерной графики, по окончании которого студенты приобретают первичные навыки разработки конструкторских документов, в том числе электронных.

Важнейшей задачей дисциплины «Технология конструкционных материалов» является формирование навыков проектирования технологичных изделий и разработки технологии изготовления заготовок и деталей. Поставленные задачи реализуются при выполнении студентами курсовой работы «Разработка конструкции деталей и технологии производства заготовок», состоящей из трёх разделов. В первой части студенты проектируют литейную форму и технологичную отливку, выполняют расчёты элементов литниковой системы. Во втором разделе определяется исходная заготовка, температурные режимы и оборудование; разрабатывается чертёж поковки, технологияковки или горячей объёмной штамповки, а также карта операционных эскизов. В третьем разделе проектируется сварная конструкция и технология её изготовления с подбором металла и оценкой его свариваемости, выбором способа сварки, сварочных материалов и оборудования. Данный раздел курсовой работы в отличие от проекта по дисциплине «Инженерная графика» имеет выраженную технологическую направленность.

Объём графического материала обычно достигает 8...10 чертежей. Для успешного выполнения работы студентам выдаются методические материалы: шаблоны по оформлению пояснительной записки с титульным листом, техническим заданием и оглавлением, план-график с указанием необходимых чертежей, разделов и сроков выполнения.

Самым сложным этапом при выполнении курсовой работы является проектирование технологичной отливки. Это связано с тем, что опыт разработки конструкторской документации у студентов недостаточен для решения инженерных задач. Так, например, формирование чертежа технологичной детали по неправильно разработанной 3D-модели зачастую приводит к ошибкам, фактически исключающим возможность дальнейшей корректировки ее плоских проекций.

Исследование целей и задач курсовых работ двух дисциплин (ИГ и ТКМ) показало общность их содержания и ожидаемых результатов, выявило особенности каждой из работ и ярко выраженные междисциплинарные связи. С использованием таксономии Блума выполнен анализ содержания деятельности при изучении обеих дисциплин. Результаты подтвердили гипотезу: используемые ключевые глаголы на всех уровнях познавательной деятельности для обеих дисциплин практически полностью совпали. Выполненная работа позволила сформировать общую таблицу (табл. 1).

Таблица 1. Уровни познавательной деятельности таксономии Б. Блума для дисциплин «Инженерная графика» и «Технология конструкционных материалов»

Уровни познавательной деятельности	Содержание деятельности	Ключевые глаголы	
Запоминание	Воспроизводит ранее изученный материал, перечисляя факты, термины, основные понятия, правила	Выбрать, назвать, определить, обозначить, выделить, найти,	подобрать, сохранить, расположить, показать, вспомнить, привести пример
Понимание	Демонстрирует понимание фактов и понятий через организацию, сравнение, передачу, пояснения, описание и выделение главного	Сравнить, классифицировать, обсудить, объяснить,	описать, оценить, преобразовать, сгруппировать
Применение	Решает проблемы в новых условиях, применяя имеющиеся знания, факты, приемы, правила разными способами	Воспроизвести, выполнить, изменить, исследовать, определить, вычислить,	отредактировать, подготовить, поделиться, разъяснить, собрать, рассчитать изобразить, запустить
Анализ	Изучает материал, вычлняя его части, устанавливает взаимосвязи; делает выводы, обобщения. Выдвигает гипотезы и находит доказательства для их подтверждения	Выделить признаки, выстроить, задать вопросы, классифицировать, объединить, противопоставить, связать/соотнести,	спланировать, разбить, разделить, разобрать, соединить, объяснить, сравнить, структурировать, упорядочить, сделать выводы
Оценка	Представляет и аргументирует свое мнение, вынося суждения об информации, обоснованности идей, качестве работы, основываясь на ряде критериев	Вынести суждение, защитить, изложить, комментировать, критиковать, обосновать, обсудить, сделать обзор, моделировать,	оспорить, оценить, поддержать, подтвердить, проверить, ранжировать, рекомендовать, рецензировать, оформить заключение
Создание	Компилирует информацию разными способами, создает новые модели, предлагает альтернативные решения	Имитировать, модифицировать, опубликовать, подготовить речь, решить проблему,	придумать, построить, сконструировать, структурировать, сформулировать

Общность содержания определяет целесообразность использования общих подходов к организации учебной деятельности студентов при изучении дисциплин. С опорой на сформированную таксономию (табл. 1) могут разрабатываться материалы методического сопровождения учебного процесса, задания для текущего и промежуточного контроля уровня усвоения материала. Примеры формулирования целей и результатов обучения по методике Блума для всех уровней познавательной деятельности при выполнении курсовых работ представлены в таблице 2.

Таблица 2. Примеры формулировок целей и достигаемых результатов обучения

Уровни познавательной деятельности	Цели, задания и результаты обучения	
	Инженерная графика	Технология конструкционных материалов
Запоминание	Выбрать деталь данной сборочной единицы для замены сварной конструкцией	Выбрать рациональный способ изготовления данной детали
Понимание	Оценить возможность применения дуговой сварки для получения сварной конструкции	Оценить технологичность данной детали при её изготовлении сваркой
Применение	Изменить конструкцию детали и изобразить возможные варианты сварных соединений заготовок для её получения	Изменить конструкцию детали, выполнить её технологичной и изобразить заготовки для её получения
Анализ	Сравнить возможные варианты и методы изготовления сварной конструкции	Сравнить металлоёмкость предложенной конструкции с исходной
Оценка	Обосновать выбор варианта сварной конструкции	Обосновать необходимость применения дуговой сварки и рекомендовать необходимое оборудование
Создание	Сконструировать сварную сборочную единицу, используя инструменты САПР, оформить необходимую для её изготовления конструкторскую документацию	Придумать последовательность выполнения сварочных работ и сконструировать приспособление для повышения точности конструкции и производительности

Обсуждение

Рассмотренный пример применения таксономии Б. Блума отражает суть компетентностного подхода в образовании. Термин «компетенция» определяется как «динамическая совокупность знаний, умений, навыков, способностей, ценностей, необходимых для эффективной профессиональной деятельности и личностного развития выпускников, которую они обязаны освоить и продемонстрировать после завершения части или всей образовательной программы» [14]. Близкое понятие «компетентность» – характеризует личностные качества человека, позволяющие качественно выполнять стоящие перед ним задачи. Оба понятия связаны с действиями. Основное требование к выпускнику вуза согласно компетентностной модели образования также связано с действиями: выпускник вуза должен не просто обладать знаниями, он должен уметь «применять знания для разрешения конкретных ситуаций и проблем, возникающих в профессиональной деятельности и в жизни» [14]. Реализующая выполнение этого требования организация учебного процесса – отличительный признак компетентностного подхода.

Как таксономия целей может помочь в формировании инженерных компетенций? Ориентация на практику, объективность и логичность – основные принципы таксономии Блума. Поэтому сформированные с использованием таксономии учебные цели могут помочь преподавателю определить последовательность прохождения тем, а разделение целей на уровни – понять, усвоена ли тема студентами. Глаголы действия, используемые в методике Блума для описания целей, применяют также и при разработке материалов для текущего и промежуточного контроля. Глаголы трех низших категорий соответствуют репродуктивному уровню познавательной деятельности, на более высоких уровнях – продуктивному, включающему более сложные навыки мышления. Поэтому для оценки результатов обучения на уровне запоминания обычно используют тесты, для оценки более высоких уровней необходимы другие методы: развернутые ответы на вопросы, обсуждения конструкций или технологий, предложений изобретательского характера.

Хорошо сформулированная цель понятна студенту, он видит, что цель достижима, может планировать свое время, этапы выполнения работы. Правильно сформулированное задание стимулирует выполнение мыслительных операций, развивает интеллектуальную сферу сознания, прежде всего, логическое мышление, заставляет учащегося активно искать решение, при этом развиваются волевая и эмоциональная сфера, повышается мотивация к учебе.

Проблемы, не позволяющие в полной мере достичь требуемых результатов обучения, имеют разные причины. Зачастую, это – отсутствие

опыта конструирования, неуверенность в своих силах, а в некоторых случаях безынициативность, неумение или нежелание студентов самостоятельно работать с информацией и принимать решения.

Существенно помогают выполнению студентами курсовых работ ресурсные курсы, организованные на платформе Moodle системы дистанционного обучения университета, где размещены задания, учебные пособия [22, 23], видеоуроки, краткие памятки о правилах формирования отдельных документов, примеры выполнения заданий и т. п. Изучение дополнительной литературы [24], обсуждение технических проектов [25], имитационное моделирование технологических процессов и применение интеллектуальных систем тиражирования знаний, например, таблиц принятия решений [26] – учебная деятельность, которую следует поощрять как способствующую, наряду с таксономией Б. Блума, успешному формированию базовых профессиональных компетенций.

Заключение

Приобретаемые при изучении дисциплин «Инженерная графика» и «Технология конструкционных материалов» знания и навыки разработки и чтения конструкторской документации, разработки технологии изготовления заготовок и оформления соответствующих технологических документов составляют первый уровень инженерных компетенций и базу для выполнения курсовых работ и проектов в рамках последующих дисциплин, выпускной квалификационной работы. Применение таксономии Б. Блума для формулирования целей дисциплин и организации измерений уровня усвоения учебного материала оказывает положительное влияние на качество образовательного процесса и органично сочетается с традиционными формами контроля. Важным условием эффективности является непрерывность использования методики с самого начала и до конца курса.

Возможное развитие данного исследования видится в дальнейшей разработке таксономии в аффективной (эмоционально-ценностной) области, где цели связаны с вопросами восприятия информации, активности на занятиях и ценностной ориентации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Рудской А.И., Боровков А.И., Романов П.И., Киселева К.Н. Инженерное образование: мировой опыт подготовки интеллектуальной элиты. СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2017. 216 с.
- [2] Булат Р.Е., Байчорова Х.С. Роль концепции управления знаниями на рубеже системных преобразований в высшем образовании.

- Инженерное образование в условиях цифровизации общества и экономики : материалы Всеросс. науч.-практ. конф. с международным участием. Чебоксары: 2023. С. 30-34. DOI: 10.31483/r-108392.
- [3] Рудской А.И., Боровков А.И., Романов П.И. Концепция ФГОС ВО четвёртого поколения для инженерной области образования в контексте выполнения поручений президента России. Высшее образование в России. 2021. Т. 30. № 4. С. 73-85. DOI: 10.31992/0869-3617-2021-30-4-73-85/.
- [4] Гасюк Д.П., Косова В.А. Проведение занятий в активной форме при изучении специальных дисциплин студентами машиностроительных направлений. Современное машиностроение: Наука и образование. 2022. С. 18-28.
- [5] Арсентьева К.С. Компетентностно-деятельностный подход в преподавании специальных дисциплин технической направленности Современное машиностроение: Наука и образование. 2022. С. 3-17.
- [6] Добрецов Р.Ю. Гибридные технологии обучения в магистратуре: проектирование мобильных энергетических платформ. Современное машиностроение: Наука и образование. 2022. С. 29-39.
- [7] Кондратьева Г.А., Наумкин Н.И. Деловая игра, как метод подготовки инженерных направлений к инновационной деятельности. Современное машиностроение: Наука и образование. 2019. С. 67-77.
- [8] Кудрявцев В.Н., Парамонова В.А. Ролевые игры с элементами имитационного моделирования при изучении специальных дисциплин студентами инженерных направлений. Современное машиностроение: Наука и образование. 2021. С. 26-44.
- [9] Lagunova M.V., Ivanova, L.A., Ezhova, N.V. (2022). Blended Learning of Higher Mathematics in the Century of the Digitalization of Education. In: Evgrafov, A.N. (eds) *Advances in Mechanical Engineering. Lecture Notes in Mechanical Engineering*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-91553-7_1.
- [10] Цветков Ю.Б. Особенности проектирования учебных целей дисциплин инженерных образовательных программ. Наука и образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн. 2015. № 03. С. 331-344.
- [11] Heinich R., Molenda M., Russell J.D., Smaldino S.E. *Instructional Media and Technologies for Learning*. Englewood Cliffs, NJ: Merrill, 1996.
- [12] Bloom B. S. (1969). *Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals : Handbook I, Cognitive domain*. New York: McKay.
- [13] Anderson L. W., Krathwohl D. R., & Bloom B. S. (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. New York: Longman.Б.
- [14] Королёв М.Е. Целеполагание в обучении математическому моделированию будущих инженеров. Дидактика математики:

- проблемы и исследования: международный сборник научных работ. 2021. № 53. С. 40–48. DOI: 10.24412/2079-9152-2021-53-40-48.
- [15] Sónia Rolland Sobral. Bloom's Taxonomy to Improve Teaching-Learning in Introduction to Programming. *International Journal of Information and Education Technology*, Vol. 11, No. 3, March 2021. pp. 148-153. DOI: 10.18178/ijiet.2021.11.3.1504.
- [16] Ogunwolu L., Ajibola E.O. and Sosimi A. An approach for critical evaluation of examination questions in an engineering faculty using the classical bloom taxonomy. *Nigerian Journal of Technology (NIJOTECH)* Vol. 37, No. 4, October 2018, pp. 1065 – 1075.
- [17] Rupani C. M., & Bhutto M. I. (2011). Evaluation of Existing Teaching Learning Process on Bloom's Taxonomy. *International Journal of Academic Research in Busines & Social Sciences*. 1(2), pp. 49-57. DOI:10.6007/IJARBSS/v1-i2/8432.
- [18] Awouda A., Traini E., Asranov M. et al. Bloom's IoT Taxonomy towards an effective Industry 4.0 education: Case study on Open-source IoT laboratory. *Educ Inf Technol* (2024). DOI: 10.1007/s10639-024-12468-7.
- [19] Ан А.Ф., Соколов В.М. О формировании физической компетентности в подготовке выпускника технического университета. *Alma Mater (Вестник высшей школы)*. 2019. № 3. С. 68-71. DOI: 10.20339/AM.03-19.068.
- [20] Newton Philip M.; Da Silva Ana; Peters Lee George (10 July 2020). "A pragmatic master list of action verbs for Bloom's taxonomy". *Frontiers in Education*. 5. DOI:10.3389/feduc. 2020.00107.
- [21] Маркова Т. В., Бочков А. Л., Кокорин М. С., Никитина Т. А. Курсовая работа по инженерной графике как инструмент формирования конструкторского мышления. *Геометрия и графика*. 2023. Т. 11, №. 3. С. 26 - 38. DOI: 10.12737/2308-4898-2023-11-3-26-38.
- [22] Маркова Т.В., Меркулова О.В., Князева Е.В. Инженерная графика. Разработка конструкторской документации на изделие по схеме, описанию и чертежам деталей. Учебное пособие. СПб, 2023. 128 с. DOI: 10.18720/SPBPU/2/i23-99.
- [23] Медко В.С., Радкевич М.М., Третьяков В.П. Технология конструкционных материалов. Производство заготовок: Учебное пособие. СПб, 2019. 218 с. DOI: 10.18720/SPBPU/2/id19-110.
- [24] Маркова Т.В. Инженерная графика в плакатах: Учебное пособие. СПб, 2022. 93 с. DOI: 10.18720/SPBPU/2/i22-111.
- [25] Tretyakov V.P., Prostorova A.O., Teplukhin V.G. Improving of the Electrohydroimpulse Installations Efficiency for Clearing Castings. *Advances in Mechanical Engineering*. Springer, Cham, 2024, pp. 246-251. Doi.org/10.1007/978-3-031-48851-1_24.
- [26] Гаврилова Т. А., Кудрявцев Д. В., Муромцев Д. И. Инженерия знаний. Модели и методы: Учебник. СПб.: Изд-во «Лань», 2016. 324 с.

FORMATION OF ENGINEERING COMPETENCES IN THE STUDY OF BASIC PROFESSIONAL DISCIPLINES

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Russia

Abstract

The paper considers the possibilities of improving the organization of students' educational activities when studying the basic professional disciplines "Engineering Graphics" and "Technology of Structural Materials", which form the initial level of engineering competencies. Based on B. Bloom's taxonomy, a comparative analysis of the goals of coursework performance in these disciplines and learning outcomes is carried out. Features, causes of problems and solutions are identified. It is shown that the formulation of goals determines the quality of the educational process. Expressed interdisciplinary links allowed to develop a general taxonomy of educational goals, which can serve as a basis for improving the working programs of disciplines, methods of conducting classes, development of methods for controlling the level of mastering the material and the formation of planned skills and abilities.

Key words: engineering graphics, engineering geometry and computer graphics, technology of structural materials, basic professional disciplines, learning objectives, B. Bloom's taxonomy.

REFERENCES

- [1] Rudskoj A.I., Borovkov A.I., Romanov P.I., Kiseleva K.N. Engineering Education: World Experience in Preparing Intellectual Elite. St. Petersburg, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University Publ., 2017. 216 p. (rus.)
- [2] Bulat R.E., Bajchorova H.S. The role of the concept of knowledge management at the turn of systemic transformations in higher education. Engineering Education in the Conditions of Digitalization of Society and Economy : Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation. Cheboksary: 2023. pp. 30-34. DOI: 10.31483/r-108392. (rus.)
- [3] Rudskoy A.I., Borovkov A.I., Romanov P.I., 2021 The Concept of the Fourth Generation of the Federal State Educational Standards of Higher Education for the Engineering Field of Education in the Context of Fulfilling the Instructions of the President of Russia. Higher education in Russia, vol. 30, no. 4, pp. 73-85. DOI: 10.31992/0869-3617-2021-30-4-73-85. (rus.)

- [4] Gasyuk D.P., Kosova V.A. Giving lessons in an active form at studying of the special disciplines by the engineering students. *Modern Mechanical Engineering: Science and Education* 2022. pp. 18-28. (rus.)
- [5] Arsentyeva X.S. Competence-active approach in special technical disciplines teaching. *Modern Mechanical Engineering: Science and Education* 2022. pp. 3-17. (rus.)
- [6] Dobretsov R.Yu. Hybrid technologies of master's degree studies: engineering mobile energy platforms. *Modern Mechanical Engineering: Science and Education* 2022. pp. 29-39. (rus.)
- [7] Kondratyeva G.A., Naumkin N.I. Business game as a method of preparing engineering areas for innovation activities. *Modern Mechanical Engineering: Science and Education* 2019. pp. 67-77. (rus.)
- [8] Kudryavtsev V.N., Paramonova V.A. Role-playing games with elements of simulation modeling in the study of special disciplines by engineering students. *Modern Mechanical Engineering: Science and Education* 2021. pp. 26-44. (rus.)
- [9] Lagunova M.V., Ivanova L.A., Ezhova N.V. (2022). Blended Learning of Higher Mathematics in the Century of the Digitalization of Education. In: Evgrafov, A.N. (eds) *Advances in Mechanical Engineering. Lecture Notes in Mechanical Engineering*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-91553-7_1.
- [10] Tsvetkov Yu.B. Special Aspects of Learning Objectives Design for Disciplines in Engineering Education. *Science & Education of the Bauman MSTU. Electron. journal* 2015. № 03. pp. 331-344. (rus.)
- [11] Heinich R., Molenda M., Russell J.D., Smaldino S.E. *Instructional Media and Technologies for Learning*. Englewood Cliffs, NJ: Merrill, 1996.
- [12] Bloom B. S. (1969). *Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals : Handbook I, Cognitive domain*. New York: McKay.
- [13] Anderson L. W., Krathwohl D. R., & Bloom B. S. (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. New York: Longman.Б.
- [14] Korolev M. (2021). Goal-setting in teaching mathematical modeling for future engineers. *Didactics of Mathematics: Problems and Investigations*. No. 53, pp. 40–48. (In Russ., abstract in Eng.) DOI: 10.24412/2079-9152-2021-53-40-48. (rus.)
- [15] Sónia Rolland Sobral Bloom's Taxonomy to Improve Teaching-Learning in Introduction to Programming. *International Journal of Information and Education Technology*, Vol. 11, No. 3, March 2021. pp. 148-153. DOI: 10.18178/ijiet.2021.11.3.1504.
- [16] Ogunwolu L., Ajibola E.O. and Sosimi A. An approach for critical evaluation of examination questions in an engineering faculty using the

- classical bloom taxonomy. Nigerian Journal of Technology (NIJOTECH) Vol. 37, No. 4, October 2018, pp. 1065 – 1075.
- [17] Rupani C. M., & Bhutto M. I. (2011). Evaluation of Existing Teaching Learning Process on Bloom's Taxonomy. International Journal of Academic Research in Busines & Social Sciences. 1(2), pp. 49-57. DOI:10.6007/IJARBSS/v1-i2/8432.
- [18] Awouda A., Traini E., Asranov M. et al. Bloom's IoT Taxonomy towards an effective Industry 4.0 education: Case study on Open-source IoT laboratory. Educ Inf Technol (2024). DOI: 10.1007/s10639-024-12468-7.
- [19] An A.F., Sokolov V.M. On the formation of physical competence in the training of a graduate of a technical university. Alma Mater (Herald of Higher School). 2019. № 3. pp. 68-71. DOI: 10.20339/AM.03-19.068. (rus.)
- [20] Newton Philip M.; Da Silva Ana; Peters Lee George (10 July 2020). "A pragmatic master list of action verbs for Bloom's taxonomy". Frontiers in Education. 5. DOI:10.3389/educ.2020.00107.
- [21] Markova T. V., Bochkov A. L., Kokorin M. S., Nikitina T. A. Coursework in Engineering Graphics as a Tool in the Formation of Design Thinking. Geometry & Graphics. 2023. Vol.11, №. 3. pp. 26-38. DOI: 10.12737/2308-4898-2023-11-3-26-38. (rus.)
- [22] Markova T.V., Merkulova O.V., Knyazeva E.V. Engineering graphics. Development of design documentation for the product according to the scheme, description and drawings of parts. St. Petersburg, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University Publ., 2023. 128 p. DOI: 10.18720/SPBPU/2/i23-99. (rus.)
- [23] Medko V.S., Radkevich M.M., Tretyakov V.P. Technology of construction materials. production billets'. St. Petersburg, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University Publ., 2019. 218 p. DOI: 10.18720/SPBPU/2/id19-110. (rus.)
- [24] Markova T.V. Engineering graphics in posters. St. Petersburg, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University Publ., 2022. 93 p. DOI: 10.18720/SPBPU/2/i22-111. (rus.)
- [25] Tretyakov V.P., Prostorova A.O., Teplukhin V.G. Improving of the Electrohydroimpulse Installations Efficiency for Clearing Castings. Advances in Mechanical Engineering. Springer, Cham, 2024, pp. 246-251. DOI: 10.1007/978-3-031-48851-1_24.
- [26] Gavrilova T.A., Kudryavtsev D.V., Mouromtsev D.I. Knowledge engineering. Models and methods. St. Petersburg, Lan Publ., 2020. 324 p. (rus.)