

Проблемы образования и подготовки специалистов в области радиотехнических и телекоммуникационных систем

УДК 378:51

ОЦЕНОЧНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ МАТЕМАТИКЕ БАКАЛАВРОВ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ НАПРАВЛЕНИЙ ПОДГОТОВКИ

Ан Александр Федорович

доктор педагогических наук, доцент, профессор кафедры физики и прикладной математики Муромского института (филиала) ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых».

E-mail: anaf1@yandex.ru

Кутарова Евгения Ивановна

старший преподаватель кафедры физики и прикладной математики Муромского института (филиала) ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых».

E-mail: kutarovae@mail.ru

Адрес: 602264, Российская Федерация, Владимирская обл., г. Муром, ул. Орловская, д. 23.

Аннотация: В статье отражены результаты исследования, посвящённого решению задачи описания уровневой дифференциации целей учебной дисциплины «Математика» в контексте требований ФГОС ВО 3++ к подготовке бакалавров технических направлений, и разработке связанных с этим описанием оценочных средств. Разработан механизм диагностики уровней усвоения содержания обучения математике, включающий таксономию, ориентированную на повышение объективности оценки результатов подготовки с дифференциацией деятельности обучающегося на репродуктивную и продуктивную, и оценочные материалы на основе традиционных и профессионально направленных средств контроля. При отборе содержания оценочных материалов учитывались результаты анализа значимости элементов математического содержания для фундаментальной подготовки и успешного освоения профессионально ориентированных дисциплин. Предлагаемый подход позволяет обоснованно проектировать цели обучения математике бакалавров технических направлений подготовки и процедуры оценки степени их достижения.

Ключевые слова: учебная дисциплина, математика, цели обучения, таксономия, диагностические процедуры, оценочные средства.

Введение

Системный подход к проектированию современной системы высшего образования предполагает деятельность, при которой взаимосогласованные дисциплинарные цели и содержание обучения ориентированы на достижение конечной цели подготовки – профессиональной компетентности выпускника¹. Со-

гласно Федеральным государственным образовательным стандартам высшего образования нового поколения (ФГОС ВО 3++) изучение математики в техническом университете

нальную деятельность; б) адаптироваться к меняющимся условиям; в) разрешать проблемные ситуации, возникающие в профессиональной деятельности; г) заниматься саморазвитием, самосовершенствованием; д) эффективно взаимодействовать с обществом, профессиональной группой, коллективом, следуя приверженности социальным и профессиональным идеалам, профессиональной этике [1; 2, С. 62].

¹ *Профессиональная компетентность* — целостная совокупность наблюдаемых в реальной или имитационной деятельности качеств, компетенций выпускника, позволяющая ему: а) успешно и достаточно эффективно выполнять типовую профессио-

должно способствовать формированию таких компетенций студента, выпускника-бакалавра, как способность [3]:

- осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач;
- определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений;
- управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни;
- использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности;
- самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приёмы обработки и представления полученных данных;
- применять методы поиска, хранения, обработки, анализа и представления в требуемом формате информации из различных источников и баз данных, соблюдая при этом основные требования информационной безопасности.

Для выполнения требований образовательного стандарта заявленные универсальные и общепрофессиональные компетенции должны быть соответствующим образом спроецированы на предметную область математики и сформулированы в виде дисциплинарных целей подготовки студентов, обучающихся по конкретным образовательным программам.

Цель данной статьи — представить на примере направления подготовки «Радиотехника» описание дифференцированных по уровням усвоения целей учебной дисциплины «Математика», ориентированной на модель профессиональной компетентности бакалавра, и сопряжённые с этим описанием примеры оценочных средств, задающие и определяющие степень их достижения.

Цели обучения математике и оцениваемые результаты подготовки

На основе проведённого анализа образовательных и профессиональных² стандартов конечная цель обучения математике в техническом вузе определена нами как формирование у будущих бакалавров математической базы для успешного освоения дисциплин образовательной программы, осуществления профессиональной деятельности и дальнейшего саморазвития. Под математической базой понимаются способности обучающегося [5]:

- применять усвоенное математическое содержание в предметном поле дисциплин основной профессиональной образовательной программы для самообразования;
- строить, использовать математические модели в постановке и решении профессионально ориентированных задач, соответствующих направлению подготовки;
- осуществлять качественный и количественный анализ исследуемых систем и процессов.

Стремление к максимально объективной оценке степени достижения заявленных целей обуславливает необходимость перехода от обобщённых требований к подготовленности студентов/выпускников, формулируемых в терминах способностей, к описанию конкретных³ (семестровых, внутрисеместровых) целей обучения. Такое описание, как правило, представляется на языке уровней усвоения содержания обучения.

В условиях ограниченного времени, выде-

² Например, профессиональный стандарт 06.005 «Специалист по эксплуатации радиоэлектронных средств (инженер-электроник)» [4], соответствующий профессиональной деятельности бакалавров по направлению подготовки 11.03.01 «Радиотехника».

³ Придерживаясь точки зрения В.М. Соколова, под конкретной целью будем понимать максимально чёткое и однозначное описание предполагаемого результата, сопряжённое с соответствующей процедурой объективированной оценки степени реального достижения этого результата.

ляемого образовательными программами технических университетов на изучение математических и естественнонаучных дисциплин и недостаточного уровня базовой подготовленности студентов-первокурсников, одним из направлений достижения целей обучения математике является обоснованная дифференциация рекомендуемого содержания учебной дисциплины «Математика» для технических направлений подготовки. Такая процедура (см., например, [6, 7]) предполагает отбор из примерной программы учебной дисциплины наиболее значимых для конкретного направления инженерной подготовки элементов содержания, объём и достаточно высокий уровень усвоения которых позволят сохранить целостность, фундаментальность подготовки и обеспечить формирование предусмотренных ФГОС ВО компетенций выпускника. Естественно, уровни усвоения выделенного содержания обучения должны быть соответствующим образом описаны и обеспечены комплексом оценочных процедур и заданий, позволяющим максимально однозначно определить степень их достижения.

Во многих педагогических исследованиях и методиках обучения в качестве способа описания диагностируемых целей обучения (результатов освоения деятельности обучающихся) используется ставшая классической таксономия

Б. Блума (таблица 1) [8]. В то же время, помня о требованиях к конкретным целям, отметим принципиальную позицию по этому вопросу, обозначенную в работе [9].

По мнению В.М. Соколова, в таксономии Б. Блума наблюдается некоторое пересечение содержания базовых понятий, что противоречит принципу диагностичности образовательных целей. Так, адекватное запросу воспроизведение учащимся элемента содержания обучения невозможно без его понимания, а значит и анализа внешнего запроса. При этом процесс понимания, как правило, испытываемым не контролируется, но при этом происходит перевод (трансфер) с одного языка на другой, с одной формы выражения в другую. Таким образом, внутри таксономического уровня «знание» сойдутся элементы уровня «понимание», где, в свою очередь, прослеживаются элементы анализа и синтеза. Кроме того, на уровне применения деятельность обучающегося не разделена на репродуктивную и продуктивную.

В известной таксономии В.П. Беспалько [10] уровни деятельности иерархически упорядочены и достаточно независимы друг от друга (не пересекаются). При этом деятельность обучающегося дифференцирована на репродуктивную и продуктивную. Согласно В.П. Беспалько, «генетическую иерархию усвоения и развития опыта в любой сфере человеческой

Таблица 1. Краткое представление таксономии Б. Блума

Знание	фактов
	способа подбора фактов
	общих понятий, структур, теорий
Понимание	трансфер содержания из одного языка (системы) в другой
	интерпретация
	экстраполяция
Применение методов, правил, общих понятий	
Анализ , то есть умение осуществлять деление целого на элементы, установление структуры и отношений между элементами	анализ элементов, принципов организации целого, отношений между элементами
Синтез , то есть создание целого из данных элементов с целью получения нового объекта, системы	создание собственного произведения
	разработка плана деятельности
	создание образа целого на основе частичных данных
Оценка материала и методов с учетом принятых целей	оценка на основе внутренних критериев
	оценка на основе внешних критериев

деятельности» образуют четыре уровня выполнения деятельности испытуемым (четыре уровня задач):

- I – репродуктивные с подсказкой;
- II – репродуктивные без подсказки;
- III – эвристические;
- IV – творческие.

Первый уровень допускает решение типовой задачи с подсказкой процесса, алгоритма решения или отдельных его операций. Второй уровень деятельности студента ориентирован на его умение решать типовые (адаптированные) задачи, в определённой области основываясь на буквальном воспроизведении по памяти алгоритма решения, а также его применения в данных конкретных условиях.

Достижение третьего уровня означает, что студент, выпускник подготовлен к решению нетиповых реальных задач, усложненных недостаточностью или избыточностью условий, которые необходимы для их решения. Готовых алгоритмов для выполнения таких задач, как правило, не существует. Четвертый уровень усвоения указывает на подготовленность студентов к творческой деятельности, предполагающей решение проблемных задач в процессе исследовательской и изобретательской деятельности, «которая завершается созданием новой информации в данной области знания или общественной практики» [10].

Предполагается, что словесное описание каждого таксономического уровня дополняется задачей, иллюстрирующей, конкретизирующей достижение данного уровня.

Независимо от используемой таксономии необходимо выполнение принципиально значимого условия – в процедуре оценивания степени достижения конкретной цели должно быть оговорено, может ли испытуемый использовать внешние источники информации или он при выполнении задания должен опираться только на собственную память [9]. Во втором случае следует обоснованно минимизировать объём фактов, определений, понятий, процедур и алгоритмов, которыми должен оперировать испытуемый, выполняя соответ-

ствующее задание. Более того, содержание, которое должен использовать в оценочной деятельности обучаемый, опираясь только на собственную память, должно быть признано профессиональным сообществом минимально достаточным.

Принимая в качестве основы работы Б. Блума, В.П. Беспалько, В.М. Соколова, в нашем исследовании при определении конкретных целей обучения математике и построении инструментария оценки степени их достижения предложена таксономия, предполагающая репродуктивный и продуктивный уровни деятельности студентов. К репродуктивной деятельности отнесены уровни узнавания, воспроизведения, применения усвоенного содержания и способов действий в привычных для субъекта ситуациях, условиях. Уровень использования ранее усвоенной информации, способов действий в новых, нетиповых для субъекта ситуациях отнесён к продуктивной деятельности. Описание основных признаков усвоения содержания обучения математике на каждом таксономическом уровне дано в статье [11].

Остановимся на некоторых аспектах разработанной таксономии. Прежде всего, подчеркнём, что предлагая классификацию уровней усвоения содержания обучения математике мы стремились конкретизировать требования ФГОС, сделать их более однозначными, а значит, более измеримыми (рис. 1).

В таксономии Б. Блума достижение уровня «знание» фиксируется предъявлением испытуемым фактов, способа подбора фактов, общих понятий, структур, теорий. Не отказываясь в целом от уровней сложности Блума, мы в нашем исследовании следовали подходам, принятым в работах В.М. Соколова с соавторами [6 и др.].

Когда в качестве параметров цели указывается «выпускник (студент), должен знать...», имеется в виду личностное субъектное знание (отражающее уровень подготовленности обучающегося), существующее в его памяти в ви-



де совокупности понятий, представлений, теорий. При этом можно лишь косвенно и вероятностно оценить субъектные знания по операциям и действиям, выполняемым испытуемым.

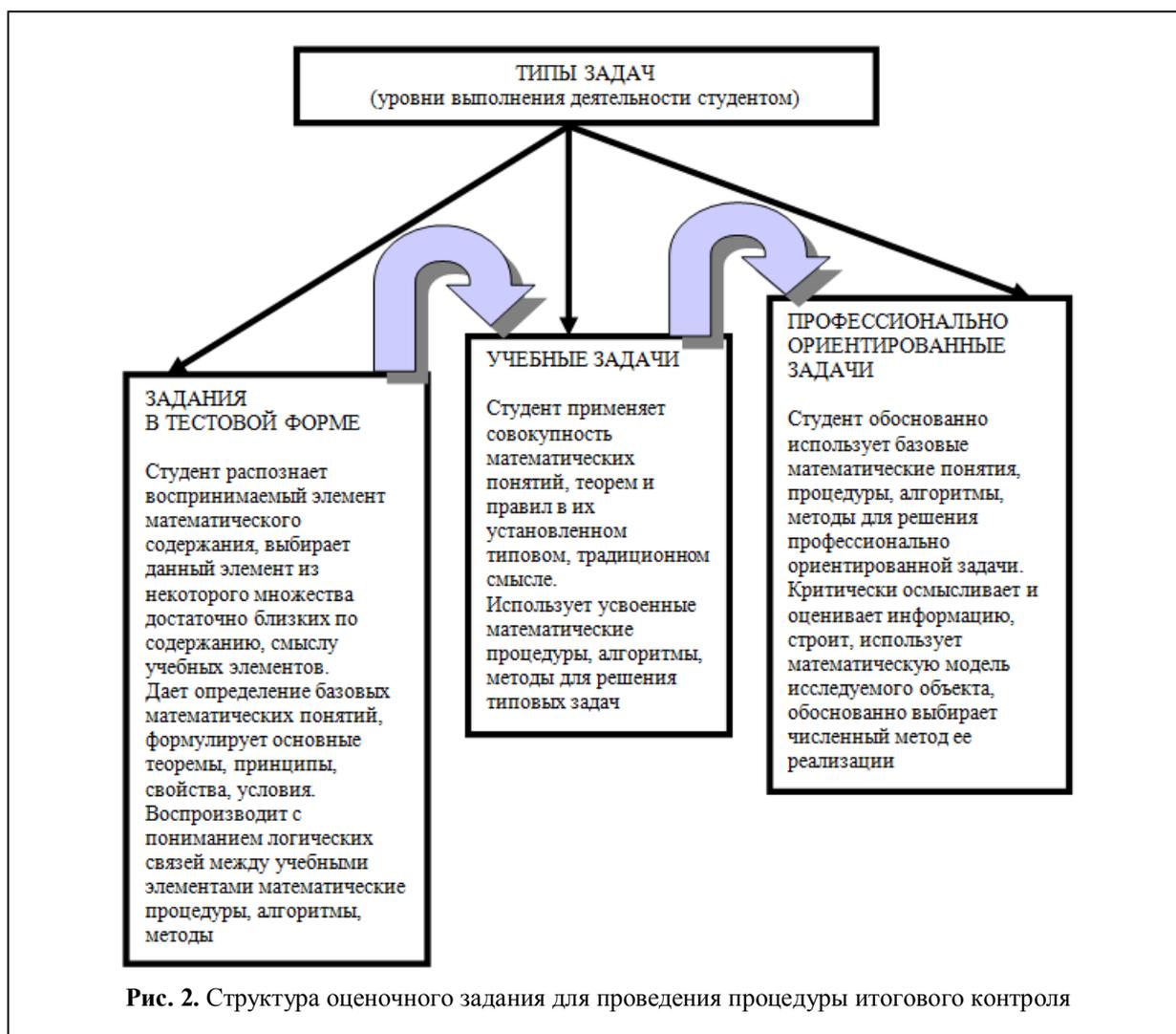
Оценить субъектные знания непосредственно можно на основании предъявляемого студентом *воспроизведения* элемента содержания обучения. При этом неявно предполагается, что обучающийся *узнал, понял смысл* задаваемого ему вопроса. Вот почему в принятой таксономии, стремясь к максимально однозначной оценке степени достижения дисциплинарных целей, вместо уровня «знания» мы перешли к реально наблюдаемым уровням «узнавание» и «воспроизведение».

Говоря об умениях обучающегося, следует отметить, что в педагогической литературе понятие «умение» обычно дифференцируется на два подуровня — освоенный способ выполнения действия (репродуктивная деятельность) и умение разрешать проблемную ситуацию (продуктивная деятельность). В предлагаемой таксономии достижение первого подуровня напрямую соотносится с уровнем «применение усвоенного содержания, способов действий в привычных для субъекта ситуациях, условиях» (репродуктивное применение), а достижение второго подуровня — косвенно соотносится с

уровнем «использование ранее усвоенной информации, способов действий в новых, нетиповых для субъекта ситуациях, условиях».

Опираясь на предложенную классификацию уровней подготовленности по математике студента (выпускника технического вуза) для оценки результатов освоения учебной дисциплины используются различные диагностические процедуры, сопряжённые с оценочными материалами на основе традиционных и профессионально направленных средств контроля. При этом содержание оценочного инструментария и уровень его сложности дифференцируются в зависимости от результатов анализа значимости учебных элементов математики для успешного освоения базовых и профессионально ориентированных дисциплин по конкретному направлению, профилю подготовки.

Остановимся на процедуре итогового контроля, предназначенного для диагностики уровня математической подготовленности студентов к освоению общепрофессиональных и профессиональных дисциплин образовательной программы. При проектировании содержания оценочного задания для итогового контроля нами использовались задачные конструкции [12] — совокупности взаимосвязанных задач, относящихся к одному учебному



разделу/теме, построенные по принципу нарастания трудности (рис. 2). Такие конструкции требуют от студента умений системного использования усвоенных математических понятий, процедур, алгоритмов. Выполняя мотивационные, дидактические и развивающие функции, задачные конструкции, помимо оценочных функций, выступают в качестве эффективного методического средства, способствующего качественному усвоению учебного материала.

В качестве примера приведём задачную конструкцию, предлагаемую студентам направления подготовки «Радиотехника» для оценки степени усвоения темы «Интегрирование функции одной переменной»:

1. *Задание в тестовой форме.* Интеграл: $\int 10x^4 dx$ равен:

- 1) $10x^4 + c$; 2) $40x^3 + c$; 3) $2x^5 + c$;
4) $10x^5 + c$

2. *Учебная задача.* Найдите объем фигуры, полученной вращением криволинейной трапеции, ограниченной линиями $y=x^2$, $x=0$ и $x=1$, $y=0$ вокруг оси абсцисс.

3. *Профессионально ориентированная задача.* Электрический проводник имеет форму лепестка, ограниченного дугами окружностей $(x-2)^2 + y^2 = 4$, $x^2 + (y-2)^2 = 4$. Найдите поток Φ магнитного поля через поверхность лепестка площадью S , считая, что

$\Phi = HS$, где H — известная постоянная величина.

Применение подобных заданий позволяет оценить выполнение студентом логически связанной последовательности действий – от распознавания, воспроизведения базовых понятий, принципов, алгоритмов до комплексного использования освоенных математических процедур и методов.

Заключение

Для повышения качества разрабатываемых основных профессиональных образовательных программ вузам требуются подходы и способы более обоснованной разработки средств диагностики степени достижения промежуточных и конечных целей подготовки. Предлагаемые в работе результаты могут служить основой совершенствования обучения математике бакалавров технических направлений подготовки, ориентированного на модель профессиональной компетентности выпускника, в части проектирования целей обучения и способов оценки степени их достижения.

Литература

1. Соколов В.М. Профессиональная компетентность: иерархия описания уровней целей обучения по степени обобщенности, конкретности // Вестник Волжского государственного инженерно-педагогического университета. 2008. № 5(6). С. 50–62.
2. Гребенев И.В., Соколов В.М., Ан А.Ф. Развитие учебного процесса по физике в средней и высшей школе: монография. Н.Новгород: Изд-во Нижегородского государственного университета, 2019. 78 с.

Поступила 6 августа 2021 г.

3. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 11.03.01 Радиотехника. М.: Министерство образования и науки Российской Федерации, 19.09.2017 г., приказ № 931. 18 с.

4. Национальный реестр профессиональных стандартов [Электронный ресурс]. – URL: <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov> (дата обращения: 05.08.2021).

5. Ан А.Ф., Кутарова Е.И. Целеполагание при проектировании математической подготовки бакалавров технического профиля // Инновации в образовании. 2018. № 8. С. 13–22.

6. Ан А.Ф., Соколов В.М. Основы компетентностно ориентированного совершенствования курса физики в техническом вузе: монография. Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та, 2014. 222 с.

7. Ан А.Ф., Кутарова Е.И. Основы проектирования содержания учебной дисциплины «Математика» в техническом вузе // Alma Mater (Вестник высшей школы). 2019. № 12. С. 82–87.

8. Taxonomy of Educational Objectives the Classification of Educational Goals: A Handbook 1 / Ed. by B.S. Bloom. N.Y., London, Toronto, 1956.

9. Соколов В.М. Основы проектирования образовательных стандартов (методология, теория, практический опыт). М.: Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов, 1996. 86 с.

10. Беспалько В.П. О критериях качества подготовки специалиста // Вестник высшей школы. № 1. 1988. С. 3–8.

11. Ан А.Ф., Кутарова Е.И. Основы совершенствования учебной дисциплины «Математика» в подготовке бакалавров по направлению «Радиотехника» // Радиотехнические и телекоммуникационные системы. 2020. № 3. С. 63–72.

12. Зайкин М.И., Арюткина С.В., Зайкин Р.М. Цепочки, циклы и системы математических задач: монография. Арзамас: АГПИ, 2013. 135 с.

English

EVALUATION ACTIVITIES IN MATHEMATICS TEACHING PROCESS FOR BACHELORS MAJORING IN RADIO ENGINEERING

Alexander Fedorovich An — Doctor of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Professor of Department of Physics and Applied Mathematics, Murom Institute (branch) “Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletovs”.

E-mail: anaf1@yandex.ru

Evgeniya Ivanovna Kutarova — Senior Lecturer of Department of Physics and Applied Mathematics, Murom Institute (branch) “Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletovs”.

E-mail: kutarovae@mail.ru

Address: 602264, Russian Federation, Vladimir region, Murom, Orlovskaya St., 23.

Abstract: When drafting basic professional academic programs it is relevant to develop unbiased assessment tool for students' and graduates level of skills and competencies concerning its conformance to ultimate objective of training as per Federal Educational Standards. The purpose of this article is

- to present description of Mathematics academic subject objectives, which are scaled by mastering levels, and the subject itself is focused on model for professional competency of bachelor in engineering area;
- to give assessment tools' examples inherent in with this description which specify and determine their achieving. Mathematics teaching objectives in Technical Higher Education Institution are stated basing on the analysis of requirements of educational and professional standards. Taxonomy of syllabus mastering levels is proposed and tested basing on research results of evaluation activities in education and it is focused on timely assessment of degree for achieving objectives of student/graduate mathematical training. A classification was developed, according to which manifestation of student's reproductive activities corresponds to levels of recognition, replication and reproductive use, and productive activities are manifested through ability to use previously acquired information, course of actions in scenarios, situations, conditions that are new for a person. A package of evaluation materials was developed based on traditional test-like tasks, educational tasks and profession-oriented applied tasks of control tools. Analysis results of significance of mathematical content components for fundamental training and successful mastering of profession-oriented academic subjects were taken into account when selecting evaluation materials' content. The proposed approach and attained results can serve as the framework for improving Mathematics academic subject for bachelors in engineering areas of training, for development of educational and teaching packages, procedures and collections of diagnostics assessment tools for conformance of expertise level in mathematics to requirements of Federal Educational Standards.

Keywords: academic subject, Mathematics, training objectives, taxonomy, diagnostics procedures, assessment tools.

References

1. Sokolov V.M. Professional competence: the hierarchy of the description of the levels of training goals according to the degree of generality, concreteness. Vestnik Volzhskogo gosudarstvennogo inzhenerno-pedagogicheskogo universiteta. 2008. No. 5(6). Pp. 50–62.
2. Grebenev I.V., Sokolov V.M., An A.F. Development of the educational process in physics in secondary and higher schools: monograph. Nizhny Novgorod: Publishing house of the Nizhny Novgorod State University, 2019. 78 p.
3. Federal State educational standard of higher education-bachelor's degree in the field of training 11.03.01 Radio Engineering. Moscow: Ministry of Education and Science of the Russian Federation, 19.09.2017. Order No. 931. 18 p.
4. National Register of Professional Standards [Electronic source]. URL: <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov> (access date: 05.08.2021).
5. An A.F., Kutarova E.I. Goal-setting in the design of mathematical preparation of the tank-Lavrov technical profile. Innovacii v obrazovanii. 2018. No. 8. Pp. 13–22.
6. An A.F., Sokolov V.M. Fundamentals of competently oriented improvement of the physics course in a technical university: monograph. Vladimir: Publishing house of the Vladimir State University, 2014. 222 p.
7. An A.F., Kutarova E.I. Fundamentals of designing the content of the academic discipline "Mathematics" in a technical university. Alma Mater (Vestnik vysshej shkoly). 2019. No. 12. Pp. 82–87.
8. Taxonomy of Educational Objects the Classification of Educational Goals: A Handbook 1 / Ed. by B.S. Bloom. N.Y., London, Toronto, 1956.
9. Sokolov V.M. Fundamentals of designing educational standards (methodology, theory, practical experience). Moscow: Research Center for Quality Problems of Training Specialists, 1996. 86 p.
10. Bepalko V.P. On the quality criteria of specialist training. Vestnik vysshej shkoly. No. 1. 1988. Pp. 3–8.
11. An A.F., Kutarova E.I. Fundamentals of the improvement of the academic discipline "Mathematics" in the preparation of bachelors in the direction of "Radio Engineering". Radiotekhnicheskie i telekommunikacionnye sistemy. 2020. No. 3. Pp. 63–72.
12. Zaikin M.I., Aryutkina S.V., Zaikin R.M. Chains, cycles and systems of mathematical problems: monograph. Arzamas: AGPI, 2013. 135 p.