

УДК 378.1

## МЕТОДИКА КОНСТРУИРОВАНИЯ МЕТАПРЕДМЕТНЫХ ЗАДАЧ ПО ВЫСШЕЙ МАТЕМАТИКЕ

Дорохова О.Е., Крылов А.Н.

ФГБОУ ВО «Академия ГПС МЧС России», Москва,  
e-mail: oe\_dorokhova@mail.ru, an-krylov.01@mail.ru

В статье обосновывается необходимость формирования у обучающихся метакомпетенций, представляющих собой компонент компетенции в ее многомерном понимании. Осуществляя анализ различных подходов к содержанию понятия «метакомпетенции», авторы выделяют навыки, без которых компетенции не могут формироваться в полном объеме. Одним из возможных путей формирования метакомпетенций предлагается внедрение в процесс обучения курсантов вузов государственной противопожарной службы специально сконструированных задач метапредметного содержания. В работе рассмотрена авторская методика конструирования метапредметных задач, используемых в курсе высшей математики, целью которой является формирование способности решать прикладные задачи в области обеспечения пожарной безопасности, охраны окружающей среды и экологической безопасности с использованием теории и методов фундаментальных наук. Требование методики: установление межпредметных связей с дисциплинами профессионального цикла; формирование метапредметных компетенций в рамках изучения курса высшей математики по программе, разработанной в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом (ФГОС) высшего образования – специалист по специальности 20.05.01 «Пожарная безопасность». Процедура конструирования метапредметных задач основана на анализе и реконструировании оригинальной формулировки задачи смежной предметной или профессиональной области с целью получения задачи с требованием математического характера. Приводится пример реализации данной методики для задачи из курса дисциплины «Пожарная безопасность электроустановок».

**Ключевые слова:** высшее образование, компетенция, метакомпетенции, метапредметные задачи, пожарная безопасность

## METHODOLOGY OF DESIGNING METASUBJECT PROBLEMS IN HIGHER MATHEMATICS

Dorokhova O.E., Krylov A.N.

Academy of the State Firefighting Service of the EMERCOM of Russia, Moscow,  
e-mail: oe\_dorokhova@mail.ru, an-krylov.01@mail.ru

The article substantiates the need for the formation of meta-competences among students, which are a component of competence in its multidimensional understanding. Analyzing various approaches to the content of the concept of meta-competence, the author highlights skills, without which competencies cannot be formed in full. One of the possible ways of forming meta-competences is the introduction of specially designed tasks of meta-subject content into the process of training cadets of higher education institutions of the state fire service. The paper considers the author's methodology for constructing meta-subject problems used in the course of higher mathematics, the purpose of which is to develop the ability to solve applied problems in the field of fire safety, environmental protection and environmental safety, using the theory and methods of fundamental sciences. Requirement of the methodology: establishing interdisciplinary links with the disciplines of the professional cycle; the formation of meta-subject competencies within the framework of studying the course of higher mathematics according to the program developed in accordance with the Federal State Educational Standard (FSES) of higher education – a specialist in the specialty 20.05.01 «Fire Safety». The procedure for constructing meta-subject tasks is based on the analysis and reconstruction of the original formulation of the task of an adjacent subject or professional area in order to obtain a task with a requirement of a mathematical nature. An example of the implementation of this technique for the task from the course of the discipline «Fire safety of electrical installations» is given.

**Keywords:** higher education, competence, meta-competencies, meta-subject tasks, fire safety

На сегодняшний день теоретическое обоснование компетентного подхода широко освещено в научных исследованиях отечественных и зарубежных авторов. Компетенции определены различными способами – описанием производительности на рабочем месте; ориентацией на результат, т.е. на то, что человек может сделать, а не на то, чему его научили. Основная идея заключается в реализации конкретных навыков, которые имеют отношение к профессиональной практике. Одномерная струк-

тура компетенции не отражает весь спектр необходимых требований ФГОС высшего образования. Метакомпетенции являются составной частью формируемых компетенций обучающихся и служат важнейшим компонентом успешного обучения.

Цели исследования: осуществить анализ понятия «метакомпетенции»; разработать методику конструирования метапредметных задач по высшей математике для обучающихся по программе специалиста 20.05.01 «Пожарная безопасность».

### Материал и методы исследования

Исследование осуществлялось на основе теоретических методов (анализ и синтез, моделирование и др.) и эмпирических методов (наблюдение, опрос обучающихся и преподавательского состава Академии государственной противопожарной службы МЧС России).

### Результаты исследования и их обсуждение

Появление новых теорий, технологий и материалов становится актуальным вызовом для специалистов различных технических направлений. Это вынуждает подстраиваться, изменяться, быть готовым к решению нестандартных задач, что отображается в трансформации системы образования, перед которой стоит задача подготовки высококвалифицированных кадров, в связи с чем большое внимание в настоящий момент уделяется разработке многомерных моделей компетенций [1]. Многомерность в данном случае прослеживается во взаимосвязи знаний, умений и навыков обучающегося с его психологическими характеристиками, познавательными способностями, возможностями к адаптации, креативности и самосовершенствованию [2].

Объединяя многомерным подходом к обучению, модель компетенции связывает когнитивные (знания и понимание), функциональные (навыки, умения и уровень владения) и социальные (поведенческие) компетенции, надстройкой над которыми служат метакомпетенции [3].

Метакомпетенции глубоко укоренились в образовательном процессе, так как представляют собой способности более высокого порядка, позволяющие обучаться, приспособливаться и предвидеть. Анализируя различные подходы к содержанию понятия «метакомпетенции», можно выделить такие навыки, как суждение, интуиция, проницательность, распознавание образов, интеграция понятий, саморегуляция и саморефлексия, без которых компетенции не могут формироваться в полном объеме.

Метакомпетенции позволяют расширить диапазон представлений о прикладном аспекте в профессиональной деятельности.

Процесс формирования метакомпетенций сложен и многогранен. Фундамент закладывается в школьном курсе обучения, так как ФГОС основного общего образования подразумевает развитие регулятивных универсальных учебных действий и формирование метапредметных результатов [4]. Современные ФГОС 3++ высшего образова-

ния также нацелены на прикладной аспект при изучении каждого учебного курса.

Многие современные исследователи в качестве одного из инструментов формирования метакомпетенций выбирают метапредметные задания. Содержание данных заданий, по мнению О.В. Тумашевой и М.Б. Шашкиной, должно содержать проблему, с которой обучающиеся могут столкнуться в жизненной и профессиональной ситуации или на стыке различных учебных дисциплин, что позволит адаптировать фундаментальные предметные знания к новым образовательным требованиям [5].

Опыт педагогической практики обучения высшей математике курсантов и слушателей вузов МЧС России показал, что проблемы интеграции знаний обусловлены двумя причинами: отсутствием у курсантов первых курсов знаний терминологии профессиональной деятельности и дисциплин, изучаемых позднее; отсутствием умений распознавать на старших курсах математические образы в прикладных задачах различных предметных областей.

На сегодняшний день в учебной литературе можно встретить учебники и учебные пособия по высшей математике для студентов экономических специальностей (Н.Ш. Кремера, В.Л. Ключина, В.И. Ермакова и др.), химико-биологических специальностей (И.И. Баврина), содержащие наряду с задачами фундаментального характера прикладные задания. Количество изданных дидактических и методических материалов по высшей математике, содержащих метапредметный контент по пожарной безопасности, ничтожно мало.

Процесс решения задачи, в условии которой содержатся модели ситуаций, возникающих при ликвидации чрезвычайных ситуаций и их последствий, тушении пожаров, обеспечении пожарной безопасности и ином, знакомит обучающихся с материалами специальных дисциплин, заставляет представлять, мыслить и анализировать проблему, рассматривать возможные пути решения или применения, по сути, формируя метакомпетенции, которые будут использованы не только в процессе дальнейшего обучения, но и в будущей профессиональной деятельности.

В рамках данной статьи рассмотрим методику конструирования метапредметных задач, используемых в курсе высшей математики. Цель методики: формирование способности решать прикладные задачи в области обеспечения пожарной безопасности, охраны окружающей среды и экологической безопасности, используя теорию и методы фундаментальных наук.

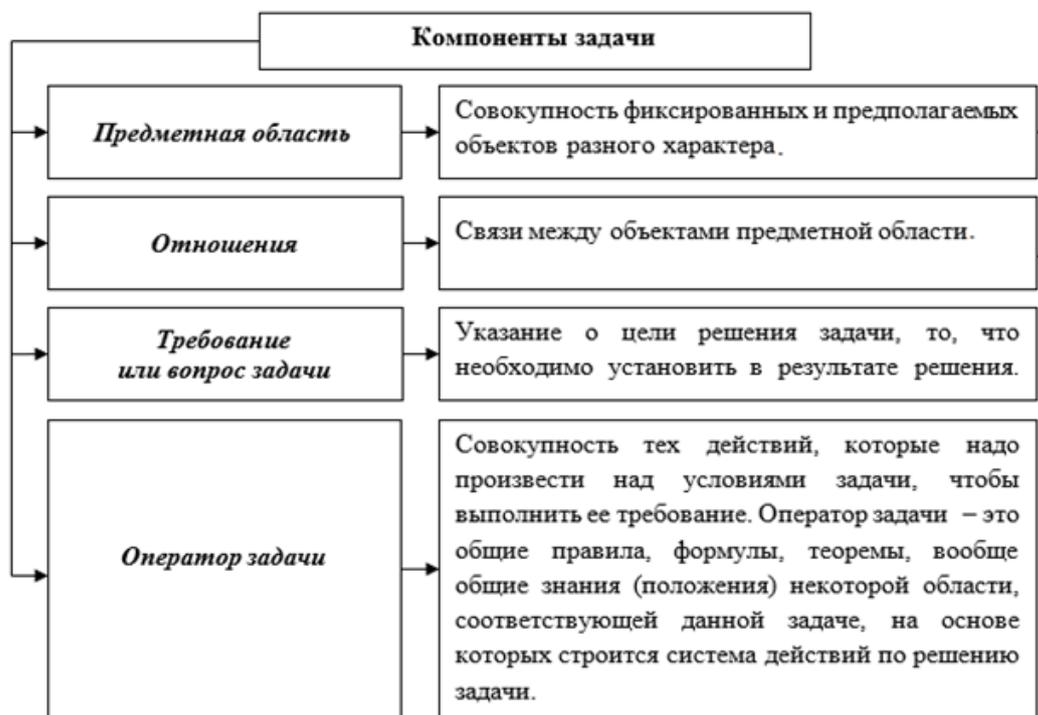


Рис. 1. Компоненты задачи

Требования методики: установление межпредметных связей с дисциплинами профессионального цикла; формирование метапредметных компетенций в рамках изучения курса высшей математики по программе, разработанной в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования – специалитет по специальности 20.05.01 «Пожарная безопасность» [6].

Используя схему учебной задачи, предложенную Л.М. Фридманом (рис. 1.) [7], рассмотрим поэтапно процесс конструирования заданий метапредметного содержания для курса дисциплины «Высшая математика».

1. При взаимодействии с профессорско-преподавательским составом кафедр, смежных по направлению деятельности с кафедрой высшей математики, выбирается перечень задач, решение которых основывается на области знаний выбранного профиля и математических расчетах.

2. Оригинальная формулировка задачи разбивается на компоненты согласно рассмотренной схеме. На данном этапе оператор задачи разделяется на две области: общие знания (положения) из исходного профиля задачи и общие математические знания, необходимые для ее решения.

3. На основе анализа формулировки и решения задачи осуществляется перераспределение (удаление) элементов предметной области, отношений и оператора задачи, а именно факторы из оператора задачи добавляются в известные данные, а требование задачи становится исключительно математического содержания.

Приведем пример конструирования метапредметной задачи по теме высшей математики: «Комплексные числа и действия над ними».

«Пользуясь комплексным методом, рассчитать электрическую цепь, схема которой представлена на рисунке 2. Определить: активную, реактивную и полную мощности в цепи; коэффициент мощности схемы; построить совмещенную векторную диаграмму токов и напряжений на комплексной плоскости при заданных параметрах: активное сопротивление  $R = 5 \text{ Ом}$ , индуктивное сопротивление  $X_L = 25 \text{ Ом}$ , емкостное сопротивление  $X_C = 15 \text{ Ом}$ , ЭДС цепи  $E = 100 \text{ В}$ ».

Разобьем условие задачи на компоненты, соответствующие схеме на рисунке 1.

К предметной области относятся известные данные:  $R = 5 \text{ Ом}$ ,  $X_L = 25 \text{ Ом}$ ,  $X_C = 15 \text{ Ом}$ ,  $E = 100 \text{ В}$ .

Отношением является разветвленная цепь, представленная на рисунке 2.

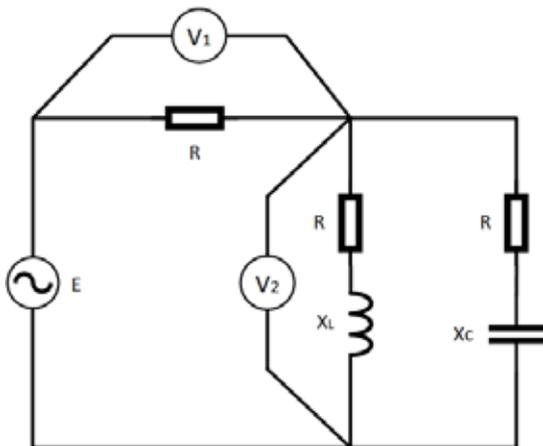


Рис. 2. Цепь переменного тока

Оператор задачи включает две составляющие:

- общие знания из исходного профиля задачи: первый и второй законы Кирхгофа; закон Ома; формула расчета комплексного сопротивления; формула расчета активной, реактивной и полной мощностей в комплексном виде; уравнение проверки баланса мощностей; правило построения векторной диаграммы токов;

- общие математические знания: действия над комплексными числами.

Задача содержит шесть требований:

- 1) определить ток во всей цепи и на отдельных ее ветвях;
- 2) определить напряжение на отдельных ветвях цепи;
- 3) определить активную, реактивную и полную мощности;
- 4) проверить выполнение уравнения баланса мощностей;
- 5) определить коэффициент мощности;
- 6) построить совмещенную векторную диаграмму токов и напряжений на комплексной плоскости.

Анализируя формулировку и решение данной задачи с позиции электротехнических основ, внесем общие знания исходного профиля в заданные отношения. Уберем требование об определении коэффициента мощности схемы, так как оно не относится к заявленной математической теме, касающейся комплексных чисел и действий над ними. Тогда формулировка задачи будет иметь следующий вид:

«Дана разветвленная цепь переменного тока, изображенная на рисунке 2. Известны следующие параметры:  $X_L = 25 \text{ Ом}$  – индуктивное сопротивление,  $R = 5 \text{ Ом}$  – активное сопротивление,  $E = 100 \text{ В}$  – ЭДС цепи,  $X_C = 15 \text{ Ом}$  – емкостное сопротивление. Пользуясь комплексным методом, опре-

делить ток во всей цепи и в отдельных ее ветвях; определить напряжение на участках цепи; определить активную, реактивную и полную мощности; проверить выполнение уравнения баланса мощностей; построить совмещенную векторную диаграмму токов и напряжений на комплексной плоскости».

При решении использовать:

- первый закон Кирхгофа:

$$\dot{I}_1 = \dot{I}_2 + \dot{I}_3;$$

- второй закон Кирхгофа:

$$\dot{E} = \dot{U}_1 + \dot{U}_{23};$$

- формулу расчета полного комплексного сопротивления при последовательном соединении:

$$\underline{Z} = R + (X_L - X_C)j;$$

- формулу для расчета полного комплексного сопротивления цепи:

$$\underline{Z}_{\text{общ}} = \underline{Z}_1 + \frac{\underline{Z}_2 \cdot \underline{Z}_3}{\underline{Z}_2 + \underline{Z}_3};$$

- закон Ома для участка цепи:

$$\dot{I} = \frac{\dot{U}}{\underline{Z}};$$

- формулу расчета полной комплексной мощности, потребляемой схемой от источника:

$$S = \dot{E} \cdot \dot{I}^*;$$

- формулу расчета комплексного значения активной и реактивной мощностей:

$$S = P + Qj;$$

- формулу определения мощности:

$$P = I^2 R;$$

$$Q = I^2 X.$$

Решение данной задачи сводится к выполнению действий над комплексными числами:

- перевод из алгебраической в показательную форму записи комплексного числа:

$$\underline{Z}_1 = R + (X_L - X_C)j = 5;$$

$$\underline{Z}_2 = 5 + (25 - 0)j = 5 + 25j;$$

$$\underline{Z}_2 = \sqrt{5^2 + 25^2} \cdot e^{j \arctg \frac{25}{5}} = 25,5 \cdot e^{79^\circ j};$$

$$\underline{Z}_3 = 5 + (0 - 15)j = 5 - 15j;$$

$$\underline{Z}_3 = \sqrt{5^2 + 15^2} \cdot e^{j \arctg \frac{-15}{5}} = 15,8 \cdot e^{-71^\circ j};$$

– сложение, умножение и деление комплексных чисел:

$$\underline{Z}_{\text{общ}} = \underline{Z}_1 + \frac{\underline{Z}_2 \cdot \underline{Z}_3}{\underline{Z}_2 + \underline{Z}_3} = 5 + \frac{25,5 \cdot e^{79^\circ j} \cdot 15,8 \cdot e^{-71^\circ j}}{5 + 25j + 5 - 15j} = 5 + \frac{402,9 \cdot e^{8^\circ j}}{10 + 10j};$$

$$\underline{Z}_{\text{общ}} = 5 + \frac{402,9 \cdot e^{8^\circ j}}{14,1 \cdot e^{45^\circ j}} = 5 + 28,5 \cdot e^{-37^\circ j} = 5 + 22,8 - 17,2j = 27,8 - 17,2j;$$

$$\underline{Z}_{\text{общ}} = 27,8 - 17,2j = \sqrt{27,8^2 + 17,2^2} \cdot e^{j \arctg \frac{-17,2}{27,8}} = 32,7 \cdot e^{-31^\circ j};$$

$$\dot{I}_1 = \frac{\dot{E}}{\underline{Z}_{\text{общ}}} = \frac{100 \cdot e^{0^\circ j}}{32,7 \cdot e^{-31^\circ j}} = 3,06 \cdot e^{31^\circ j};$$

– перевод из показательной в алгебраическую форму записи комплексного числа:

$$\dot{U}_1 = \dot{I}_1 \cdot R = 3,06 \cdot e^{31^\circ j} \cdot 5 = 15,3 \cdot e^{31^\circ j} = 15,3 \cdot \cos 31^\circ + 15,3 \cdot \sin 31^\circ j = 13 + 7,9j;$$

– вычитание комплексных чисел:

$$\dot{U}_{23} = \dot{E} - \dot{U}_1 = 100 + 0j - (13 + 7,9j) = 87 - 7,9j;$$

– перевод из алгебраической в показательную форму записи комплексного числа:

$$\dot{U}_{23} = \sqrt{87^2 + 7,9^2} \cdot e^{j \arctg \frac{-7,9}{87}} = 87,5 \cdot e^{-5^\circ j};$$

– деление комплексных чисел:

$$\dot{I}_2 = \frac{\dot{U}_{23}}{\underline{Z}_2} = \frac{87,5 \cdot e^{-5^\circ j}}{25,5 \cdot e^{79^\circ j}} = 3,4 \cdot e^{-84^\circ j};$$

$$\dot{I}_3 = \frac{\dot{U}_{23}}{\underline{Z}_3} = \frac{87,5 \cdot e^{-5^\circ j}}{15,8 \cdot e^{-71^\circ j}} = 5,5 \cdot e^{66^\circ j};$$

– перевод из показательной в алгебраическую форму записи комплексного числа, сложение комплексных чисел:

$$I_2 = 3,4 \cdot \cos(-84^\circ) + 3,4 \cdot \sin(-84^\circ)j = 0,35 - 3,38j;$$

$$I_3 = 5,5 \cdot \cos 66^\circ + 5,5 \cdot \sin 66^\circ j = 2,24 + 5,02j;$$

$$\dot{I}_1 = \dot{I}_2 + \dot{I}_3 = 0,35 - 3,38j + 2,24 + 5,02j = 2,59 + 1,64j;$$

– умножение комплексных чисел:

$$S = 100 \cdot 3,06 \cdot e^{-31^\circ j} = 306 \cdot e^{-31^\circ j};$$

– перевод из показательной в алгебраическую форму записи комплексного числа:

$$S = 306 \cdot \cos(-31^\circ) + 306 \cdot \sin(-31^\circ)j = 262 - 157,6j; P_{\text{н}} = 262; Q_{\text{н}} = -157,6;$$

– проверка выполнения уравнения баланса мощностей:

$$P_{\text{н}} = P_1 + P_2 + P_3 = I_1^2 R + I_2^2 R + I_3^2 R = 3,06^2 \cdot 5 + 3,4^2 \cdot 5 + 5,5^2 \cdot 5 = 256;$$

$$Q_{\text{н}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 = I_1^2 X + I_2^2 X + I_3^2 X = 0 + 3,4^2 \cdot 25 + 5,5^2 \cdot (-15) = -165;$$

$$P_{\text{н}} \approx P_{\text{н}}; Q_{\text{н}} \approx Q_{\text{н}}$$

– построение совмещенной векторной диаграммы на комплексной плоскости (рис. 3).

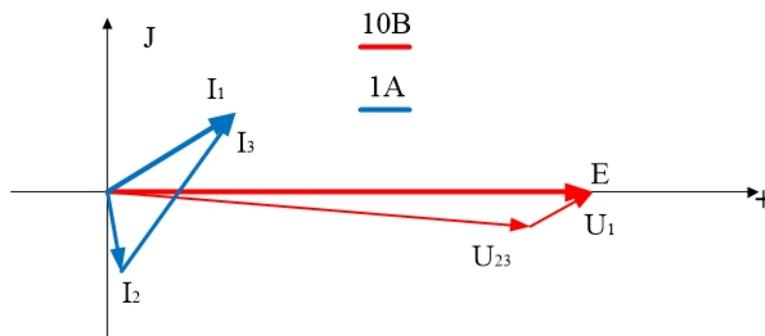


Рис. 3. Совмещенная векторная диаграмма на комплексной плоскости

Используя данный подход к конструированию задач метапредметного содержания, можно составлять математические задачи различного уровня сложности, оставляя в операторе задачи тот или иной объем неизвестных данных.

### Вывод

Предложенная методика конструирования метапредметных задач нашла широкое применение на кафедре высшей математики Академии ГПС МЧС России. Ее несомненными плюсами являются: образование межпредметных связей с дисциплинами профессионального цикла Академии: «Теоретические основы процессов горения и тушения пожаров», «Пожарная безопасность электроустановок», «Гидравлика и противопожарное водоснабжение» и иными; вовлечение обучающихся в реалистичное решение проблем, включая сложные системы в метапредметной среде; способствование эффективной интеграции математических знаний в различные области познания, повышению уровня сформированности компетенций и метакомпетенций, позволяющих реализовать прикладной аспект, регламентируемый современным ФГОС высшего образования.

Следует отметить, что опрос курсантов третьего курса показал, что 93% обучающихся-

ся считают необходимым решение метапредметных задач в курсе высшей математики.

### Список литературы

1. Долженко О.В. Университет и образование: между прошлым и будущим // Педагогика и просвещение. 2013. № 1. С. 19-36.
2. Латыпова А.Ф., Дорофеев А.В. Теоретические аспекты многомерной диагностики в высшем профессиональном образовании // Фундаментальные исследования. 2014. № 11-4. С. 899-903.
3. Забродин Ю.М. К вопросу о построении перечня и формировании компетенций выпускников программ высшего профессионального образования // Бюллетень Учебно-методического объединения вузов Российской Федерации по психолого-педагогическому образованию. 2014. № 2. С. 5-10.
4. Федеральный государственный образовательный стандарт основного общего образования (5 – 9 кл.), утвержденный приказом Министерства просвещения РФ от 31 мая 2021 г. N 287 [Электронный ресурс]. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_389560/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_389560/) (дата обращения: 05.04.2022).
5. Тумашева, О.В., Шашкина М.Б. Средства формирования и оценивания метапредметных результатов обучающихся поколения Z // Азимут научных исследований: педагогика и психология. 2020. Т. 9. № 1(30). С. 285-289.
6. Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 25.05.2020 № 679 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – специалитет по специальности 20.05.01 Пожарная безопасность» (с изменениями и дополнениями). [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/74341262/53f89421bbdaf741eb2d1ecc4ddb4c33/> (дата обращения: 05.04.2022).
7. Фридман Л.М. Логико-психологический анализ школьных учебных задач. Москва: Педагогика, 1977. 207 с.