

Г. Е. Чекмарев, С. О. Фоминых

ИЗУЧЕНИЕ НАУЧНОГО ЯЗЫКА ФИЗИКИ И МАТЕМАТИКИ БУДУЩИМИ УЧИТЕЛЯМИ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

*Чувашский государственный педагогический университет им. И. Я. Яковлева,
г. Чебоксары, Россия*

Аннотация. Математический язык является основой таких дисциплин, преподаваемых в вузах, как математика и физика. Особое внимание следует обратить на подготовку будущих учителей математики и физики. Как показывает практика, в процессе подготовки студентов по обозначенным специальностям большинство трудностей связано именно с обеспечением надлежащих условий по усвоению учащимися языка предметной области. Настоящее исследование обращено к общетеоретическому и практическому раскрытию проблемы практического перевода задач на язык математической теории и, напротив, проведение обратного перевода.

Статья также посвящена особенностям овладения технологиями прочного усвоения математического языка студентами, что должно стать залогом достижения конкретных практических результатов в будущей педагогической деятельности. Студент должен не только овладеть навыком решения математических и физических задач, но и уметь объяснять подробности их решения на математическом языке и раскрывать учащимся особенности построения математической задачи как на языке предметной лексики, так и при помощи стандартных формулировок, лексики и синтаксиса. В рамках исследования было проведено анкетирование, направленное на определение уровня владения математическим языком среди студентов первого и последнего курса, проходящих обучение по направлению подготовки «Педагогическое образование», с целью разработки системы упражнений, направленных на облегчение процесса усвоения математического языка.

Ключевые слова: *математический язык, специальная лексика, профессиональная подготовка, учителя физики и математики, решение задач, научный язык, проблемы и перспективы преподавания.*

G. E. Chekmarev, S. O. Fominykh

FUTURE TEACHERS' STUDYING THE SCIENTIFIC LANGUAGE OF PHYSICS AND MATHEMATICS: PROBLEMS AND PROSPECTS

I. Yakovlev CHSPU, Cheboksary, Russia

Abstract. The mathematical language is the basis of university mathematics and physics. Special attention is to paid when training future teachers of mathematics and physics. As practice shows, in the process of preparing students for the considered specialties, most difficulties are associated precisely with the provision of appropriate conditions for the assimilation of the language of the subject area by students. The present study is to consider theoretical and practical aspects of the problem of practical interpretation of problems into the language of mathematical theory and vice versa.

The article is also devoted to the peculiarities of mastering solid assimilation of the mathematical language by students, which should be the key to achieving specific practical results in future pedagogical activities. Since the student must not only master the skill of solving mathematical and physical problems, but also be able to explain the details of the solution in mathematical language and reveal to pupils the peculiarities of making a mathematical problem, both in the language of subject vocabulary and using standard phrases, vocabulary and syntax. As part of the study, a questionnaire was conducted to determine the level of proficiency in the mathematical language among first and last year "Pedagogical Education" training

program students in order to develop a system of exercises aimed at facilitating the process of mastering the mathematical language.

Keywords: *mathematical language, special vocabulary, vocational training, physics and mathematics teachers, problem solving, scientific language, problems and perspectives of teaching.*

Введение. Подготовка будущих учителей математики и физики связана с целым комплексом особенностей, которые должны учитываться в процессе разработки обучающих программ вузов, работающих по направлению подготовки «Педагогическое образование» по дисциплинам физика и математика. Одной из подобных особенностей выступают навыки использования специальной предметной лексики, позволяющей эффективно решать задачи разного уровня сложности, проводить полноценный анализ, эффективно использовать математические методы и повышать уровень личной профессиональной компетентности в сфере преподавания математических дисциплин и физики в том числе. В связи с этим проблеме усвоения математического языка и способам преподнесения его основных элементов студенческой аудитории посвящено достаточное количество научно-исследовательских работ.

Наиболее примечательными с позиции теоретического и практического освещения ключевых вопросов выступают труды Н. И. Александрова, А. Э. Есенбековой, В. А. Любецкого, А. В. Мужиковой, Г. Е. Чекмарева, М. Р. Шабалиной и др.

Актуальность исследуемой проблемы обуславливается тем, что в процессе подготовки студентов по направлению подготовки «Педагогическое образование» в области преподавания математики и физики овладение достаточным уровнем компетенции невозможно без учета уровня математического языка, которым владеют учащиеся.

Поэтому целью настоящего исследования является рассмотрение основных принципов преподавания математического языка в вузах, а также оценка и анализ уровня владения математическим языком среди студентов, проходящих подготовку по педагогическому профилю.

Поставленная цель позволила сформулировать гипотезу, суть которой заключается в высказанном предположении относительно взаимосвязи между уровнем профессиональной подготовки будущих учителей математики и физики и тем уровнем математического языка, которым они владеют.

Материал и методы исследования. Достижение поставленной цели и доказательство гипотезы проводилось посредством использования выводов, представленных в актуальных исследованиях отечественных педагогов. В частности, была использована система основных понятий и терминов математического языка, представленная В. А. Любецким [4], принципы использования компетентностного подхода в преподавании математического языка в вузе, представленные А. Э. Есенбековой [2], критерии грамотной математической речи, выделенные А. В. Мужиковой [6], основы использования электронной информационно-образовательной среды при усвоении математического языка, изложенные В. И. Токтаровой [8].

Результаты исследования и их обсуждение. За весь период обучения в школе учащиеся должны освоить более 2000 терминов по математике и 1500 по физике, из которых львиную долю составляют слова нерусского происхождения. Знание точного смысла каждого из них и правильное их употребление – залог глубокого и прочного усвоения предмета. Сегодня ни для кого не является секретом то, что многие будущие учителя – студенты выпускных курсов педагогических вузов – испытывают затруднения в своих профессиональных областях: элементарной математике и физике. Это касается не только умения решать задачи или понимать тонкие вопросы науки и связывать обширные теории,

изучаемые в течение 4–5 лет в вузе, с конкретными проблемами школьных предметов, но и недостаточного владения профессиональной лексикой [3]. Существенным дефектом подготовки молодых педагогов является недостаточное изучение и использование научного языка символов и формул. Разработка его была величайшим достижением человеческого разума, которое определило прогресс на многие годы. Ни одна серьезная теория в области физико-математических наук не мыслится без своего специфического (или заимствованного из другой теории) полностью формализованного языка. Так, мы говорим о языках алгебры (элементарной, булевой или векторной), анализа (математического, функционального или стохастического), механики (классической или квантовой), оптики (геометрической или волновой) [4] и т. д.

Во всех подобных ситуациях, когда какая-либо проблема решается математически методами, применяется единая схема, состоящая из трех этапов:

1. Перевод практической задачи на язык какой-нибудь математической теории (создание математической модели).
2. Решение сформулированной на математическом языке задачи с помощью теоретического аппарата.
3. Перевод результатов на язык той предметной области, которой принадлежит данная задача [1].

Таким образом, решение прикладных задач математическими методами предполагает знание математического языка, а приобретение профессиональных компетенций означает овладение предметным языком. Хотя математический язык отличается от естественного (например, какого-нибудь иностранного) особенностями весьма существенного характера, имеется некоторая аналогия в их изучении. Для овладения иностранным языком необходимо усвоить смысл слов и правила их изменения при конструировании предложений. Математический язык также имеет свою семантику и синтаксис, к которым предъявляются требования в общей системе ФГОС ВО по части специальной компетенции УК-5, трактуемой как «способность осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке РФ и иностранном(ых) языке(ах)», а также ОК-3, где к студентам предъявляются требования по грамотному изложению собственных мыслей в устной и письменной форме [6, с. 67].

Формализм в знаниях студентов, который мы наблюдаем сегодня, – результат неправильного или поверхностного изучения математического языка математической теории. Классическим примером подобного формализма может служить тот факт, что студент легко решает в квадратурах дифференциальные уравнения даже довольно сложных типов по известным алгоритмам, но испытывает значительные трудности в решении реальной (текстовой) задачи из физической или технической практики, сводящейся к уравнению с разделяющимися переменными [3]. Здесь мы наблюдаем преобладание памяти над пониманием, отрыв теории от практики. В преподавании физико-математических дисциплин это означает отрыв символов, формул математического языка от того, что они означают в действительности, т. е. чрезмерное увлечение синтаксисом математического языка в ущерб его семантике, что согласно утверждению А. Е. Есенбековой, должно реализовываться педагогом в «балансе и уместно поставленной задаче» [2, с. 189].

О слабом владении студентами синтаксисом математического языка свидетельствуют ошибки, допускаемые ими при чтении формул или при замене словесно сформулированных выражений в виде формул. Первокурсники плохо различают основные типы образований математического языка, соответствующего словам и предложениям естественного (русского) языка. Даже некоторые старшекурсники, а порой и молодые учителя, искренне удивляются, когда им говорят, что выражение, например, задающее уравнение

$$x^2 + 3x - \sqrt{x} + 6, \quad (1)$$

предложение. Еще большее удивление у них вызывает тот факт, что (1) может быть как истинным, так и ложным [10].

Традиционная система преподавания, как школьная, так и вузовская, не формирует у обучающихся понятия о важнейших элементах научного языка, об именах и переменных. Не акцентируется внимание на различии между языковым выражением, с помощью которого обозначается тот или иной предмет, и собственно предметом, обозначаемым этим выражением. Приведем примитивный пример: различие между числом «пять» как инвариантом класса множеств, эквивалентных множеству пальцев на руке человека, и словом «пять» или знаками «5», «101», «V», которыми это число обозначается в различных языках или системах счисления [5]. Точно так же слабо прослеживается различие между языковым выражением

$$x^2 + 3x - \sqrt{x} + 6$$

и функцией, определяемой этим выражением. Имеется существенное различие между словами, которые обозначают любой элемент какого-либо множества в естественном языке, и переменными в языке математики. Например, слово «ботинок» обозначает любой элемент данного предметного множества, но этим же словом нельзя обозначать никакой другой предмет, в то же время буквой « x » может быть обозначена как переменная любой элемент множества, т. е. переменная в математике не обозначает конкретный элемент какого-либо множества. В математическом тексте она занимает то место, которое разрешается заполнить названиями элементов все равно какого, но определенного множества, которое образует область допустимых значений переменной.

При использовании символов математического языка необходимо соблюдать определенную культуру обозначений. Так, для обозначения переменных принято использовать малые буквы латинского алфавита, начиная с s и до z , постоянные обозначают первыми буквами латинского алфавита a, b, c, \dots и т. д., натуральные числа принято обозначать буквами m, n, k, l , рациональные – p, q . Но при исследовании общего вида уравнения, например, линейного

$$ax + b = c \tag{2}$$

следует учесть, что переменной в роли переменной выступает лишь буква x , а a, b и c , хотя и будут неизвестными, но переменными не являются, обычно их называют параметрами. Поэтому, решая уравнения (2), получим решение

$$x = \frac{c - b}{a}$$

Мы выражаем переменную через параметры, однако при анализе решения они будут вести себя как переменные.

Любое выражение математического языка представляет собой конечную последовательность некоторых символов, но совсем не всякая конечная последовательность символов является математическим выражением. Хотя с точки зрения формальной теории систем [9] словом называется всякая последовательность n символов из алфавита V .

Существует два подхода к изучению математического языка: семантический и синтаксический. Первый предполагает выделение среди всех возможных последовательностей символов только те, которые несут смысловую нагрузку, и работу с ними, т. е. отражает функционально-аналитическую тенденцию. Второй гласит, что надо отвлекаться от всякого смысла языковых выражений, и выявляет формальный характер научного языка [7]. Какому из них следует отдать предпочтение?

Прояснить ситуацию по данному вопросу позволяет анкетирование, которое проводилось со студентами первых и последних курсов направления подготовки «Педагогическое образование». Анкета состояла из 5 вопросов, каждый из которых содержал две

посылки (столбец «известно»), необходимо было выяснить: следует ли из них соответствующее заключение.

Таблица 1

Анкета для проверки знаний научного языка у студентов

№	Вопрос		Ответ		
	Известно	Следует ли из этого	Да	Нет	Не знаю
1	1) Если последняя цифра в числе «0», то оно кратно «5» 2) Последняя цифра в числе «0»	Данное число кратно «5»?			
2	1) Если последняя цифра в числе «0», то оно кратно «5» 2) Данное число кратно «5»	Последняя цифра в числе «0»?			
3	1) Если сумма цифр в числе кратна «3», то число кратно «3» 2) Данное число кратно «3»	Сумма цифр в числе кратна «3»?			
4	1) Если $x=3$, то $x^2 = 9$ 2) $x \neq 3$	$x^2 \neq 9$			
5	1) Противоположные стороны параллелограмма параллельны 2) Противоположные стороны ромба параллельны	Ромб является параллелограммом?			

В опросе приняли участие 34 первокурсника и 37 студентов выпускного курса. Результаты анкетирования приведены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты анкетирования студентов

№	Ответы первокурсников			Ответы студентов выпускного курса		
	Отвечали			Отвечали		
	Верно	Неверно	Не знают	Верно	Неверно	Не знают
1	98	1	1	96	2	2
2	8	92	0	94	6	0
3	12	88	0	12	78	10
4	12	86	2	23	77	0
5	21	79	0	14	82	4

Анализ результатов эксперимента позволил выявить серьезные ошибки в рассуждениях, которые допускают будущие учителя. Они указывают на непонимание ими отношения импликации, т. е. сочетаний «если..., то» в сложных высказываниях типа «если X, то Y», в которых выражено отношение следования Y из X, а не Y за X. Например, если они считают высказывание «если 6 кратно 3, то 36 кратно 3» истинным, а высказывание «если 7 делится на 3, то 49 делится на 3» ложным, т. к. ложными будут оба его компонента, что в корне не верно. И это несмотря на то, что помимо традиционного курса «Математическая логика» вопросы логического обоснования математики присутствуют и в других курсах, таких как «Математический анализ», «Алгебра», «Элементарная математика» и пр. Легко заметить, что в вопросах 2 и 3, 4 и 5 предложенные рассуждения отличаются лишь по содержанию, в целом же их структура общая. В предложенных схемах вывода заключения не следуют из посылок, так как можно подобрать такой набор пропозициональных переменных, для которых посылки истинны, а заключение ложно. Другими словами,

в соответствии с критериями грамотной математической речи [6], [7], мы имеем дело как с проблемами осознанности, осмысленности речи, так и с доказательностью и логичностью высказываний. Средний процент неправильных ответов для первокурсников и выпускников существенно не отличается, наблюдения в эксперименте носят случайный характер.

Речь идет об использовании в профессиональном обучении наряду с передовыми информационно-коммуникационными технологиями научного языка, включающего в себя с собственным языком математики ее логический язык.

Для этого полезно практиковать задания по переводу аксиом, теорем, определений или формул с высокого языка науки на обывательский язык, т. е. на язык «простого человека» или с языка «высшей математики» на язык «элементарной математики» [8, с. 78]. Таким образом, в настоящем исследовании была предпринята попытка построить модель классификации заданий с учетом уровня владения математическим языком для студентов, обучающихся по педагогическому направлению подготовки. Классификация по заданиям размещена в таблице 3. В перспективе она может быть расширена и дополнена.

Таблица 3

Классификация задач по уровню владения математическим языком

Низкий уровень	
Формулировка на языке теории множеств	Перевод на язык элементарной геометрии
Множество классов эквивалентности $R^2 \setminus R^1$ к прямой R^1 на плоскости R^2 , определяемых следующим отношением эквивалентности: две точки $A, B \in R^2 \setminus R^1$ считаются эквивалентными, если соединяющий их отрезок AB не пересекает прямую R^1 , состоит из двух элементов	Прямая делит плоскость на две полуплоскости
Средний уровень	
Формулировка на языке математического анализа	Перевод на язык элементарной физики
Пусть функция $f(x)$ непрерывна на отрезке $[a, b]$ и имеет в каждой точке интервала (a, b) конечную или бесконечную определенного знака производную, тогда существует хотя бы одна точка ξ из этого интервала, что $f'(\xi)(b - a) = f(b) - f(a)$	Предположим, что материальная точка движется по прямой линии. В произвольный момент времени t ее поведение описывается функцией $S(t)$. Средняя скорость точки на временном интервале (t_1, t_2) будет определена по формуле
Достаточный уровень	
Формулировка на языке математического анализа	Перевод формулы на русский язык
Если $F(x)$ есть какая-либо первообразная от непрерывной функции $f(x)$, то справедлива формула $\int_a^b f(x)dx = F(b) - F(a)$ Это формула называется формулой Ньютона-Лейбница	Если $F(x)$ есть какая-либо первообразная от непрерывной функции $f(x)$, определенным интегралом по отрезку $[a, b]$ от нее будет приращение первообразной на этом отрезке.

Выводы. Проведенный анализ позволил определить, что в современной практике преподавания, направленной на подготовку будущих учителей математики и физики, научный язык имеет первостепенное значение и оказывает непосредственное влияние на качество усвоения материала, представленного в учебных дисциплинах. По результатам исследования были получены следующие выводы:

1. Было установлено, что традиционная система преподавания, как школьная, так и вузовская, не формирует у обучающихся понятия о важнейших элементах научного языка, об именах и переменных. Преподаватели нередко совмещают понятия элементарного научного языка с терминами специальной математической лексики, не вырабатывая культуры изложения среди студентов, не акцентируя внимание на особенностях различий между языковым выражением, с помощью которого обозначается тот или иной предмет, и собственно предметом, обозначаемым этим выражением.

2. Уровень владения математическим языком среди студентов первого и выпускного курсов математических направлений практически не отличается. Среди выпускников вузов до 10 % студентов не обладают практическими навыками изъяснения на специальном математическом языке, что указывает на низкий уровень профессиональной компетенции. Соответственно, выявленная проблема требует внедрения новых принципов и технологий преподавания математического языка в вузах.

3. Классификация математических задач, составленная с учетом уровня владения математическим языком, позволяет создавать условия для последовательного освоения данного аспекта специальной дисциплины. При построении классификации важным аспектом является разделение блока задач на изложение, составленное на элементарном научном языке, а также на специальном математическом языке.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Александров Н. И.* Словарь-справочник по математике : пособие для учащихся средней школы. – Йошкар-Ола : Марийское книжное издательство, 1976. – 272 с.
2. *Есенбекова А. Э., Джумахметова Л. К., Дустамеева С. М.* Современный подход к преподаванию математики в вузе // *Аспекты и тенденции педагогической науки : материалы III Междунар. науч. конф.* – Санкт-Петербург, 2017. – С. 189–192.
3. *Кузнецов О. П., Адельсон Г. М.* Дискретная математика для инженера. – М. : Энергоатомиздат, 1988. – 480 с.
4. *Любецкий В. А.* Основные понятия школьной математики : учебное пособие для студентов педагогических институтов. – М. : Просвещение, 1987. – 400 с.
5. *Мантуров О. В., Солнцев Ю. К., Соркин Ю. И., Федин Н. Г.* Толковый словарь математических терминов : пособие для учителей / под ред. проф. В. А. Диткина. – М. : Просвещение, 1965. – 540 с.
6. *Мужикова А. В., Габова М. Н.* Развитие грамотной математической речи студентов в техническом вузе // *Высшее образование в России.* – 2020. – № 1. – С. 66–75.
7. *Мужикова А. В.* Исследование эффективности коллективных учебных занятий по высшей математике // *Вестник Томского государственного педагогического университета.* – 2018. – № 7(196). – С. 174–181.
8. *Токтарова В. И., Федорова С. Н.* Переориентация процесса математической подготовки студентов вуза с «обучения математике» на «обучение математикой» // *Вестник Томского государственного педагогического университета.* – 2019. – № 8(205). – С. 77–83.
9. *Чекмарев Г. Е.* К вопросу о культуре математического языка школьника // *Актуальные проблемы физико-математических и технических наук : сб. науч. ст.* – Чебоксары, 2015. – С. 100–104.
10. *Шабалина М. Р., Хохлова М. В., Ситникова И. В.* Особенности изложения темы «Основы векторного исчисления» в техническом вузе // *Научно-методический электронный журнал «Концепт».* – 2017. – № V10. – С. 1–6.

Статья поступила в редакцию 08.07.2021

REFERENCES

1. *Aleksandrov N. I.* Slovar'-spravochnik po matematike : posobie dlya uchashchihhsya srednej shkoly. – Jshkhar-Ola : Marijskoe knizhnoe izdatel'stvo, 1976. – 272 s.
2. *Esenbekova A. E., Dzhumahmetova L. K., Dustameeva S. M.* Sovremennyj podhod k prepodavaniju matematiki v vuze // *Aspekty i tendencii pedagogicheskoy nauki : materialy III Mezhdunar. nauch. konf.* – Sankt-Peterburg, 2017. – S. 189–192.

3. Kuznecov O. P., Adel'son G. M. Diskretnaya matematika dlya inzhenera. – M. : Energoatomizdat, 1988. – 480 s.
4. Lyubeckij V. A. Osnovnye ponyatiya shkol'noj matematiki : uchebnoe posobie dlya studentov pedagogicheskikh institutov. – M. : Prosveshchenie, 1987. – 400 s.
5. Manturov O. V., Solncev Yu. K., Sorkin Yu. I., Fedin N. G. Tolkovyy slovar' matematicheskikh terminov : posobie dlya uchitelej / pod red. prof. V. A. Ditkina. – M. : Prosveshchenie, 1965. – 540 s.
6. Muzhikova A. V., Gabova M. N. Razvitie gramotnoj matematicheskoy rechi studentov v tekhnicheskome vuze // Vysshee obrazovanie v Rossii. – 2020. – № 1. – S. 66–75.
7. Muzhikova A. V. Issledovanie effektivnosti kollektivnykh uchebnykh zanyatij po vysshej matematike // Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta. – 2018. – № 7(196). – S. 174–181.
8. Toktarova V. I., Fedorova S. N. Pereorientaciya processa matematicheskoy podgotovki studentov vuza s «obucheniya matematike» na «obuchenie matematikoj» // Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta. – 2019. – № 8(205). – S. 77–83.
9. Chekmarev G. E. K voprosu o kul'ture matematicheskogo yazyka shkol'nika // Aktual'nye problemy fiziko-matematicheskikh i tekhnicheskikh nauk : sb. nauch. st. – Cheboksary, 2015. – S. 100–104.
10. Shabalina M. R., Hohlova M. V., Sitnikova I. V. Osobennosti izlozheniya temy «Osnovy vektornogo ischisleniya» v tekhnicheskome vuze // Nauchno-metodicheskij elektronnyj zhurnal «Koncept». – 2017. – № V10. – S. 1–6.

The article was contributed on July 8, 2021

Сведения об авторах

Чекмарев Георгий Евгеньевич – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры математики и физики Чувашского государственного педагогического университета им. И. Я. Яковлева, г. Чебоксары, Россия; e-mail: chekmarevge@mail.ru

Фоминых Светлана Олеговна – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры математики и физики Чувашского государственного педагогического университета им. И. Я. Яковлева, г. Чебоксары, Россия; e-mail: ermakovaso@rambler.ru

Authors information

Chekmarev, Georgy Evgenyevich – Candidate of Physics and Mathematics, Associate Professor of the Department of Mathematics and Physics, I. Yakovlev CHSPU, Cheboksary, Russia; e-mail: chekmarevge@mail.ru

Fominykh, Svetlana Olegovna – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor of the Department of Physics and Mathematics, I. Yakovlev CHSPU, Cheboksary, Russia; e-mail: ermakovaso@rambler.ru