УДК 372.851
DOI: 10.23951/1609-624X-2017-8-108-113

ОТНОШЕНИЕ К МАТЕМАТИЧЕСКИМ ФЕНОМЕНАМ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ОБУЧЕНИЕ МАТЕМАТИКЕ*

Ю. Б. Мельников, С. А. Шитиков, С. Г. Синцова

Уральский государственный экономический университет, Екатеринбург

Целью данного исследования является определение всех вариантов отношения к математическому феномену, актуальных для системы образования, выявление некоторых особенностей обучения для каждого из этих вариантов. Для этого выделен набор из трех постулатов (постулат приоритетного результата учебно-математической деятельности, постулат дидактической актуальности компонентов деятельности, постулат приоритетного компонента учебно-математической деятельности), которым, по мнению авторов, удовлетворяет учебная деятельность, и показано, что в случае выполнения этих постулатов, с дидактической точки зрения, актуальны только два варианта отношения к математическим феноменам: 1) математический феномен как предмет деятельности (в частности, как информация для запоминания); 2) математический феномен как инструмент деятельности. Изучение математического феномена всегда начинается в ситуации, когда этот феномен выступает в качестве предмета деятельности. Однако для формирования полноценного, «объемного» представления об этом феномене преподаватель должен создать условия, среду обучения, в которых для обучаемого естественным образом возникает желание рассмотреть этот феномен как инструмент деятельности. Приведены примеры отражения этих вариантов отношения в теории и практике обучения математике. Указывается, что для восприятия учащимся математического феномена как разностороннего явления, связанного с другими математическими и нематематическими феноменами, необходимо, чтобы в учебном процессе были представлены оба варианта отношения к математическому феномену.

Ключевые слова: *методика обучения математике, теория обучения.*

Предметом математической деятельности являются математические понятия, математические утверждения и рассуждения, методы, алгоритмы и др., их формулировки. Мы будем называть все эти предметы математической деятельности **математическими феноменами** (табл.). Считается, что так называемый «знаниевый подход к обучению» был ориентирован в первую очередь на запоминание этих математических феноменов и в меньшей степени на их использование. В этом случае доминирующим является отношение к математическому феномену как материалу для запоминания. С другой стороны, традиционно математика рассматривается как инструмент деятельности, что характерно и для математиков-исследователей, и для специалистов, применяющих математику в других областях деятельности, причем не только для физиков, экономистов и др., но и для специалистов в прикладной математике, и для преподавателей математики [1]. В последние десятилетия на первый план выходит так называемый деятельностный подход к обучению, основанный на тезисе, что обучение математике есть обучение деятельности. Одной из основ любой современной системы обучения является теория деятельности [2, 3].

Из сказанного выше следует, что отношение к математическому феномену как к информации, предназначенной только для запоминания, не является единственно возможным. Отметим, что отношение к математическому феномену во многом определяет многие аспекты процесса обучения. В самом деле, если обучаемый ориентирован только на запоминание, то важнейшими являются механизмы запоминания, например, основанные на формальных или содержательных ассоциациях. Формальные ассоциации основаны на связях не причинно-следственного характера и используют, как правило, аналогии между второстепенными особенностями объектов, например, фонетические ассоциации. В противоположность формальным ассоциациям содержательные ассоциации основаны на отражении в памяти существенных призна-

Таблица

Компоненты, специфические для учебно-математической деятельности

Предмет деятельности	Действия	Инструменты	Продукт
Формулировка утверждения (определения, теоремы, задачи и т. п.), описание деятельности (например, текст решения, доказательство)	Декомпозиция и синтез математического объекта, перевод на другой математический язык и др.	Математические утверждения, методы (в частности, алгоритмы), измерительная и вычислительная техника	1) изменение субъекта деятельности; 2) собственно математический феномен

* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-06-00240.

ков математического феномена. Например, формулу можно запомнить в результате самостоятельного вывода этой формулы, когда в результате «сворачивания» нескольких операций у субъекта возникает ощущение, что он сразу воспроизводит нужный феномен (на это ориентировано усвоение формул преобразования произведения синусов и косинусов в сумму и обратное преобразование в [4]).

Целью данной работы является определение всех вариантов отношения к математическому феномену, актуальных для системы образования, выявление некоторых особенностей обучения для каждого из этих вариантов. Для этого было выделено несколько утверждений, которым удовлетворяет деятельность в обучении математике, и в качестве следствия из этих постулатов получен список всех вариантов отношения к математическому феномену, актуальных для системы образования.

Постулат приоритетного результата учебно-математической деятельности. *Особенностью учебно-математической деятельности является тот факт, что главным ее результатом является* ***изменение субъекта деятельности****, а собственно продукт деятельности в итоге (апостериорно) менее значим* (если речь не идет об обучении профессиональных математиков или людей, профессионально применяющих математику).

Постулат дидактической актуальности компонентов деятельности. *С дидактической точки зрения компоненты деятельности, кроме субъекта, важны лишь в период активного взаимодействия субъекта с предметом.* Например, после получения результата (например, доказательства теоремы) предмет деятельности, ставший продуктом, с дидактической точки зрения перестает играть какую-либо роль в обучении, пока не будет вновь вовлечен в деятельность (например, пока теорема не будет применена для решения задачи или не будет использована как повод для рефлексии).

Постулат приоритетного компонента учебно-математической деятельности. *Мы примем в качестве основы традиционные результаты теории деятельности, согласно которым компонентами деятельности являются: субъект, цель, предмет, орудие (инструмент) деятельности, мотив деятельности, операции деятельности, продукт, причем при выполнении действия в каждый конкретный момент времени для обучаемого является приоритетным только один из этих компонентов деятельности.*

Утверждение 1. *С дидактической точки зрения для обучаемого актуальны только два варианта отношения к математическому феномену: 1) математический феномен как предмет деятельности*[1] *(в частности, как информация для запоминания); 2) математический феномен как инструмент деятельности.*

Обоснование. Обозначим рассматриваемый математический феномен через R. Согласно **постулату приоритетного результата** математический феномен R сам по себе для нас несущественен, он важен лишь как компонент деятельности, обеспечивающий изменение обучаемого. Согласно **постулату приоритетного компонента учебно-математической деятельности** при выполнении любого действия в каждый момент времени приоритетным является только один из компонентов деятельности. Покажем, что рассматриваемый математический феномен R совпадает с приоритетным компонентом деятельности только в случае, когда этот феномен рассматривается либо как предмет деятельности, либо как инструмент. Во-первых, математический феномен не может рассматриваться в качестве мотива, а тем более субъекта деятельности.

Во-вторых, если считать, что математический феномен R, выступающий для обучаемого в качестве приоритетного компонента, совпадает с операциями, то это означает, что фактически операции рассматриваются как предмет деятельности, т. е. мы на самом деле имеем дело с другой деятельностью, с другой целью и, быть может, другими компонентами. Например, во время выполнения упражнений на выделение полного квадрата в квадратном трехчлене целью обучаемого является отражение в памяти этого упорядоченного набора операций, а полученное им соответствующее выражение выступает лишь в качестве критерия успешности (нормального завершения) этой последовательности операций, но не в качестве основной цели. В этой ситуации упорядоченный набор действий фактически выступает в качестве предмета деятельности, а операции деятельности связаны с процедурами понимания и запоминания.

В-третьих, рассмотрим ситуацию, когда для обучаемого в конкретный момент времени математический феномен, выступающий в качестве приоритетного компонента деятельности, совпадает с целью деятельности. Цель рассматривается как модель, состоящая из эталонных моделей результата деятельности, т. е. моделей, сравнением с которыми определяется, насколько адекватным является результат деятельности, т. е. в какой степени достигнута цель деятельности. Например, цель «найти высоту *AH* треугольника *ABC*» включает в себя такие эталонные модели, как соответствующий элемент чертежа (который может быть мысленным), набор типовых форм представления резуль-

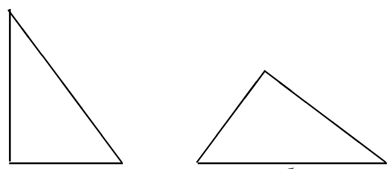
[1] Например, для метода доказательства или метода решения будут рассмотрены ограничения на его применение, варианты обобщения метода и т. п.

тата (ответ может быть представлен арифметическим выражением или алгебраическим выражением от параметров), конкретные варианты ответа (допустим, варианты 1/2 и 0,5 равносильны, кроме того, могут быть выбраны разные единицы измерения). Следовательно, математический феномен играет роль эталонной модели или системы эталонных моделей (например, если рассматриваются разные формулировки этого феномена или разные уровни его детализации), т. е. образца для сравнения с результатами деятельности. Но если сравнение предмета или локального (промежуточного) продукта деятельности с образцом является приоритетным компонентом деятельности, то целью такой деятельности будет получение результата сравнения, т. е. фактически речь уже идет о другой деятельности, с иной целью и другими компонентами, в которой этот математический феномен выступает в качестве предмета, а не цели. Полученное противоречие показывает, что ситуация «в-третьих» невозможна.

В-четвертых, наконец, ситуация, когда феномен R рассматривается как продукт деятельности и является при этом приоритетным компонентом деятельности, невозможна, поскольку она противоречит **постулату дидактической актуальности**.

Итак, только предмет или инструмент деятельности могут быть приоритетным компонентом учебной деятельности, существование которого мы приняли в постулате приоритетного компонента учебно-математической деятельности. Мы исследуем отношение обучаемого к математическому феномену. Таким образом, осталось изучить ситуацию, когда математический феномен, рассматриваемый как приоритетный компонент деятельности, выступает в качестве предмета или орудия деятельности. Пусть в некоторый момент времени приоритетным компонентом учебно-математической деятельности является предмет этой деятельности. Согласно **постулату дидактической актуальности компонентов деятельности** математический феномен важен лишь в период активного взаимодействия субъекта с ним. Следовательно, в этой ситуации деятельность субъекта может быть направлена лишь на преобразование этого математического феномена или на его построение, в частности, воспроизведение этого математического феномена. Следовательно, для учебно-математической деятельности актуальными являются только три варианта отношения к математическому феномену: 1) как к материалу, который надо запомнить и воспроизвести; 2) как к объекту, который будем преобразовывать и комбинировать его с другими; 3) как к инструменту деятельности. Таким образом, утверждение 1 доказано.

С практической точки зрения это утверждение имеет несколько следствий. В зависимости от отношения учащегося и учителя к математическому феномену, они строят разные модели этого феномена. Например, если учащийся воспринимает теорему Пифагора как информацию, которую он должен запомнить, то он может сосредоточиться на построении смысловой модели текста, например, «квадрат гипотенузы равен сумме квадратов катетов» или $c^2 = a^2 + b^2$. При «зазубривании» первой формулировки не обязательно знать, что значат слова «катет» и «гипотенуза», можно даже не понимать, что такое «квадрат» в данном контексте. Мы сталкивались с ситуацией, когда учащийся воспринимал сторону треугольника как гипотенузу только в случае, изображенном на рис. 1*а*, а на рис. 1*б* гипотенуза не воспринималась в качестве таковой, иногда этот треугольник иногда даже не воспринимался как прямоугольный.



а *б*

Рис. 1.

В случае, когда в формулировке теоремы Пифагора заключение представлено формулой, сложности начинаются, например, если длина гипотенузы обозначена как *a* или 2*c*.

Если обучаемый рассматривает теорему Пифагора как предмет деятельности, то актуальным будет преобразование равенства к другим формам, например, к виду $a^2 = (c - b)(c + b)$. Актуальным будет также моделирование этого математического феномена, например, интерпретация как разложение геометрической фигуры «квадрат» со стороной *c* на части, из которых можно собрать квадраты со сторонами *a* и *b*. Словосочетание «Пифагоровы штаны» означает известную геометрическую интерпретацию этой теоремы. Можно ставить вопрос о справедливости аналогичного равенства с заменой, например, квадрата на куб или получения результата для кубов длин сторон и др.

Если теорема Пифагора воспринимается обучаемым как инструмент, то имеет смысл рассматривать геометрическую интерпретацию некоторых алгебраических выражений, например, $(4 + x)^2 = (3 + x)^2 + 3^2$ можно представить как задачу нахождения радиуса окружности (см. рис. 2).

Примером применения теоремы Пифагора как инструмента является также декартова прямоугольная система координат.

В качестве другого примера практической реализации разных вариантов отношения к математическим феноменам рассмотрим элементы матричной алгебры. Рассматривая матрицы как предмет деятельности, преподаватель совместно со студентами приходит, например, к «умножению матриц по строчкам и столбцам», которому мы предпочли дать более громкое название «умножение матриц на макроуровне» [5], один из этапов которого можно представить, например, формулой

$$\begin{pmatrix} a_{11} & \dots & a_{1n} \\ \dots & \dots & \dots \\ a_{m1} & \dots & a_{mn} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} b_1 \\ \dots \\ b_n \end{pmatrix} = b_1 \begin{pmatrix} a_{11} \\ \dots \\ a_{m1} \end{pmatrix} + \dots + b_n \begin{pmatrix} a_{1n} \\ \dots \\ a_{mn} \end{pmatrix}. \quad (1)$$

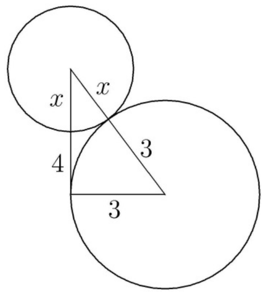


Рис. 2. Геометрическая интерпретация равенства $(4 + x)^2 = (3 + x)^2 + 3^2$

После получения этого результата целесообразно рассмотреть возможности его применения, т. е. рассмотреть этот математический феномен как инструмент (орудие) деятельности. Например, если рассматривать элементы b_i как переменные или неизвестные, формула (1) позволяет получить матричное представление системы линейных уравнений:

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + \dots + a_{1n}x_n = r_1, \\ \dots \\ a_{m1}x_1 + \dots + a_{m1n}x_n = r_m \end{cases} \Leftrightarrow \begin{pmatrix} a_{11} \\ \dots \\ a_{m1} \end{pmatrix} x_1 + \dots \begin{pmatrix} a_{1n} \\ \dots \\ a_{mn} \end{pmatrix} x_n = \begin{pmatrix} r_1 \\ \dots \\ r_m \end{pmatrix} \Leftrightarrow \begin{pmatrix} a_{11} & \dots & a_{1n} \\ \dots & \dots & \dots \\ a_{m1} & \dots & a_{mn} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ \dots \\ x_n \end{pmatrix}$$

(символ эквиваленции $\leftrightarrow$ использован некорректно, но такое его использование нередко встречается в конспектах и в данном контексте обычно не вызывает разночтений). Отметим, что некорректное «определение» матрицы как таблицы чисел основано в основном на отношении к матричной алгебре как к инструменту деятельности, поскольку основную ценность матричной алгебры составляет именно вычислительный аппарат (что отличает ее, например, от теории множеств). В то же время участие студентов в формировании корректного определения матрицы – как функции с областью определения $\{1, 2, \dots, m\} \times \{1, 2, \dots, n\}$ и некоторым кольцом в качестве области допустимых значений, во-первых, позволяет в очередной раз вовлечь студентов в процесс формализации информации, во-вторых, продемонстрировать достаточно распространенный прием деятельности – отождествление элементов из объема понятия с одним из способов задания этих элементов (другим ярким примером является «школьное» определение рационального и иррационального числа через его представление в виде десятичной дроби), в-третьих, позволяет формализовать связь между корректным определением матрицы и ее «псевдоопределением» как таблицы чисел: одним из типовых способов задания функции является таблица значений, с этой точки зрения матрица как таблица чисел представляет собой несколько «усеченный» вид таблицы значений функции, в которой удалены неинформативные «нулевые» столбец и строка:

	1	…	n
1	a_{11}	…	a_{1n}
…	…	…	…
m	a_{n1}	…	a_{nm}

преобразуется к виду

$$\begin{pmatrix} a_{11} & \dots & a_{1n} \\ \dots & \dots & \dots \\ a_{m1} & \dots & a_{mn} \end{pmatrix}.$$

В-третьих, использование математического понятия «функция» позволяет применить в матричной алгебре возможности теории функций (хотя последняя возможность в процессе обучения мало используется).

Изучение математического феномена всегда начинается в ситуации, когда этот феномен выступает в качестве предмета деятельности. Однако для формирования полноценного, «объемного» представления об этом феномене преподаватель должен создать условия, среду обучения, в которых для обучаемого естественным образом возникает желание рассмотреть этот феномен как инструмент деятельности. Например, в процессе изучения отношения «делиться нацело» на множестве натуральных чисел учитель может задать традиционный для него вопрос «В каких направлениях можно развивать данный результат» и постепенно приучить к варианту ответа «Как можно использовать этот результат». Следует попробовать сформировать операторы и отношения, порожденные данным математическим феноменом, в частности, отношение «делиться нацело» порождает операторы «наибольший общий делитель», «наименьшее общее кратное», операция умножения порождает отношение «делиться нацело» и операторы «удвоение числа», «утроение числа» и др.

В случае, когда в учебном процессе и учебно-методическом обеспечении в той или иной степени отражены все варианты отношения к математическому феномену, можно добиться восприятия учащимся этого феномена как многопланового явления, в многообразии его связей с другими математическими (и не только) феноменами. Это один из путей изменения отношения к математике и естественным наукам даже у «гуманитариев», у людей с недостаточными или неразвитыми способностями к математике.

Естественным образом у преподавателей-практиков возникает вопрос: можно ли добиться, чтобы учащиеся или студенты самостоятельно формировали представление о математическом феномене и как о предмете деятельности, и как об инструменте деятельности? По нашему мнению, ответ в основном отрицательный: обучить всех учащихся и студентов использованию инструментов, позволяющих самостоятельно формировать полноценное представление о математическом феномене, вряд ли возможно, тем более что на сегодняшний день у нас нет исчерпывающей информации о соответствующих инструментах. Но, во-первых, даже относительно пассивное участие в формировании всего комплекса представлений о математическом феномене, на наш взгляд, может быть полезно для развития личности обучаемого (и педагога). Во-вторых, для учеников и студентов, обладающих творческим потенциалом, целеустремленностью, силой воли, участие в этой деятельности может побудить их к самостоятельной деятельности в этом направлении, причем не обязательно в математике. В-третьих, целесообразно провести исследование по разработке, выявлению и использованию инструментов, предназначенных для формирования соответствующих исследовательских умений, по аналогии с [6–8]. В частности, можно использовать системы контроля, ориентированные на оценку умения преобразовывать математические феномены [9].

Список литературы

1. Афанасьев В. В., Смирнов Е. И. Математическое обоснование физических явлений как эффективный инструмент повышения учебной мотивации школьников // Материалы XIII Междунар. конф. «Физика в системе современного образования (ФССО-2015)». СПб.: Фора-принт. 2015. Т. 2. С. 318–322. URL: http://psme.herzen.spb.ru/psme_2015_volume_2.pdf (дата обращения: 17.03.2017).
2. Леонтьев А. Н. Категория деятельности в современной психологии // Вопросы психологии. 1979. № 3. С. 11–15.
3. Рубинштейн С. Л. Основы общей психологии. Серия «Мастера психологии». СПб.: Питер, 2002. 720 с.
4. Мельников Ю. Б. Элементарная математика: учебное пособие. Екатеринбург: Изд-во Уральского гос. эконом. ун-та, 2014, URL: http://lib.usue.ru/resource/free/14/MelnikovAlgebra5/index.html (дата обращения: 17.03.2017).
5. Мельников Ю. Б. Алгебра и теория чисел: учебное пособие. Екатеринбург: Изд-во Уральского гос. эконом. ун-та, 2010, URL: http://lib.usue.ru/resource/free/12/MelnikovAlgebra4/index.html (дата обращения: 17.03.2017).
6. Мельников Ю. Б., Поторочина К. С. Алгебраический подход к математическому моделированию и обучению математической и «предматематической» деятельности // Ярославский пед. вестник. Серия «Физико-математические и естественные науки». 2010. № 3. С. 19–24.
7. Мельников Ю. Б., Хрипунов И. В., Чоповда В. С. Алгебраический подход к стратегиям проектной деятельности // Известия Уральского гос. эконом. ун-та. 2014. № 2 (52). С. 115–123.
8. Мельников Ю. Б., Евдокимова Д. А., Дергачев Е. А., Успенский Д. А., Огородов М. С. Стратегии построения модели // Управленец. 2014. № 3 (49). С. 52–56.
9. Хамов Г. Г., Тимофеева Л. Н. Об особенностях контроля теоретической составляющей математической подготовки студентов факультета физики // Материалы XIII Междунар. конф. «Физика в системе современного образования (ФССО-2015)». СПб.: Фора-принт. 2015. Т. 2. С. 355–357. URL: http://psme.herzen.spb.ru/psme_2015_volume_2.pdf (дата обращения: 17.03.2017).

Мельников Юрий Борисович, кандидат физико-математических наук, доцент, Уральский государственный экономический университет (ул. 8 Марта, 62, Екатеринбург, Россия, 620144). E-mail: UriiMelnikov58@gmail.com

Шитиков Сергей Александрович, кандидат физико-математических наук, доцент, Уральский государственный экономический университет (ул. 8 Марта, 62, Екатеринбург, Россия, 620144). E-mail: shitikov-s-a@yandex.ru

Синцова Светлана Георгиевна, старший преподаватель, Уральский государственный экономический университет (ул. 8 Марта, 62, Екатеринбург, Россия, 620144). E-mail: Svg_SUA@mail.ru

Материал поступил в редакцию 30.12.2016.

DOI: 10.23951/1609-624X-2017-8-108-113

ATTITUDE TO MATHEMATICAL PHENOMENA AND THEIR IMPACT ON TEACHING MATHEMATICS

Yu. B. Melnikov, S. A. Shitikov, S. G. Sintsova

Ural State University of Economics, Yekaterinburg, Russian Federation

The mathematical phenomenon includes the mathematical concept, the system of axioms, theorem, method, algorithm, etc. The purpose of this research is determination of all the options of perception to the mathematical phenomenon relevant for the education system and identifying some of the learning features for each of these options. A set of three postulates is chosen (the postulate on the priority result of educational and mathematical activity, the postulate of the didactic relevance of the components of activity, the postulate of the priority component of educational and mathematical activity). It is shown that if these postulates are implemented from the didactic point of view, then only two variants of the relation to mathematical phenomena are applicable: 1) the mathematical phenomenon as the subject of activity (in particular, as information to be memorized); 2) mathematical phenomenon as a tool of activity. The study of the mathematical phenomenon always begins in a situation when this phenomenon acts as an object of activity. However, to form a view of this phenomenon, the teacher must create conditions, the learning environment in which the learner naturally desires to consider this phenomenon as an instrument of activity. The examples of reflection of these variants of relationship in theory and practice of teaching mathematics are given. It is pointed out that for the students to take a mathematical phenomenon as a versatile phenomenon associated with other mathematical and non-mathematical phenomena, it is necessary that both variants of the relation to the mathematical phenomenon should be represented in the educational process.

Key words: *methods of teaching mathematics, learning theory.*

References

1. Afanas'ev V. V., Smirnov E. I. Matematicheskoye obosnovaniye fizicheskikh yavleniy kak effektivnyy instrument povysheniya uchebnoy motivatsii shkol'nikov [Mathematical substantiation of physical phenomena as an effective tool for increasing the educational motivation of schoolchildren]. *Materialy XIII Mezhdunarodnoy konferentsii "Fizika v sisteme sovremennogo obrazovaniya (FSSO-2015)"* [Materials of the 13th International Conference "Physics in the Modern Education System"]. Saint Petersburg, Fora-print Publ., 2015. V. 2. pp. 318–322 (in Russian). URL: http://psme.herzen.spb.ru/psme_2015_volume_2.pdf (accessed: 17 March 2017).
2. Leont'ev A. N. Kategoriya deyatel'nosti v sovremennoy psikhologii [Category of activity in modern psychology]. *Voprosy psikhologii – Voprosy psichologii*, 1979, no. 3, pp. 11–15 (in Russian).
3. Rubinshteyn S. L. *Osnovy obshchey psikhologii. Seriya "Mastera psikhologii"* [Fundamentals of General Psychology. Series: Masters of Psychology]. Saint Petersburg, Piter Publ., 2002. 720 p. (in Russian).
4. Melnikov Yu. B. *Elementarnaya matematika: uchebnoye posobiye (elektronnyy resurs)* [Elementary mathematics: textbook (electronic resource)]. Ekaterinburg, USUE Publ., 2014 (in Russian). URL: http://lib.usue.ru/resource/free/14/MelnikovAlgebra5/index.html (accessed: 17 March 2017).
5. Melnikov Yu. B. *Algebra i teoriya chisel: uchebnoye posobiye (elektronnyy resurs)* [Algebra and number theory: textbook (electronic resource)]. Ekaterinburg, USUE Publ., 2014 (in Russian). URL: http://lib.usue.ru/resource/free/12/MelnikovAlgebra4/index.html (accessed: 17 March 2017).
6. Melnikov Yu. B., Potorochina K. S. Algebraicheskiy podhkhod k matematicheskomu modelirovaniyu i obucheniyu matematicheskoy i "predmatematicheskoy" deyatel'nosti [Algebraic approach to the mathematical modeling and learning of the mathematical and «pre-mathematical» activity]. *Yaroslavskiy pedagogicheskiy vestnik. Seriya "Fiziko-matematicheskiye i estestvennye nauki" – Yaroslavl Pedagogical Bulletin. Natural Sciences*, 2010, no. 3, pp. 19–24 (in Russian).
7. Melnikov Yu. B., Khripunov I. V., Chopovda V. S. Algebraicheskiy podkhod k strategiyam proektnoy deyatel'nosti [Algebraic approach to the strategies of the project activity]. *Izvestiya Ural'skogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta – Journal of the Ural State University of Economics*, 2014, no. 2 (52). pp. 115–123 (in Russian).
8. Melnikov Yu. B., Evdokimova D. A., Dergachev E. A., Uspenskiy D. A., Ogorodov M. S. Strategii postroeniya modeli [Modeling strategies]. *Upravlenets – The Manager*, 2014, no. 3 (49). pp. 52–56 (in Russian).
9. Khamov G. G., Timofeeva L. N. Ob osobennostyakh kontrolya teoreticheskoy sostavlyayushchey matematicheskoy podgotovki studentov fakul'teta fiziki [On the specifics of control of the theoretical component of mathematical training of students of the Physical Department]. *Materialy XIII Mezhdunarodnoy konferentsii "Fizika v sisteme sovremennogo obrazovaniya (FSSO-2015)"* [Materials of the 13th International Conference «Physics in the Modern Education System»]. Saint Petersburg, Fora-print Publ., 2015. V. 2. pp. 355-357 (in Russian). URL: http://psme.herzen.spb.ru/psme_2015_volume_2.pdf (accessed: 17 March 2017).

Melnikov Yu. B., Ural State University of Economics (ul. 8 Marta, 62, Yekaterinburg, Russian Federation, 620219).
E-mail: UriiMelnikov58@gmail.com

Shitikov S. A., Ural State University of Economics (ul. 8 Marta, 62, Yekaterinburg, Russian Federation, 620219).
E-mail: shitikov-s-a@yandex.ru

Sintsova S. G., Ural State University of Economics (ul. 8 Marta, 62, Yekaterinburg, Russian Federation, 620219).
E-mail: Svg_SUA@mail.ru